



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE
CARTAGENA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
DEL PESQUERO “NUEVO PEDRO Y LOLI”**

Antonio Martínez Megía

Tutor: D. Federico López-Cerón de Lara



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
INGENIERÍA NAVAL Y
OCEÁNICA



Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a mi profesor, Federico Cerón de Lara, toda la ayuda que me ha facilitado para hacer este proyecto, no podría haber elegido un tutor que no fuera él, le conozco desde hace un año y se ha convertido en un amigo.

En segundo lugar a Pedro García Carmona, por hacer que cuando entro en el barco parezca mi casa, nunca me ha dicho que no a nada y me recibieron en todo momento con una sonrisa, a pesar de que había muchos momentos duros durante la reforma en los que era difícil contestar debidamente a mis infinitas preguntas.

Debo dar un agradecimiento especial a mis padres que me han apoyado en estos dos años en los que he estado estudiando para conseguir el Graduado en Arquitectura Naval, han sido dos años de obstáculos y ellos han estado en todo momento para tranquilizarme y hacerme llegar a este objetivo.

En mis estudios de Ingeniería Técnica hice muchos amigos y estos dos últimos años he conocido a personas muy especiales para mí que nunca van a dejar de ser mis amigos, una de ellas es Luis Oliver, con el que hemos compartido piso Daniel, Manolo y yo, los últimos meses de este curso y se ha convertido en un amigo para toda la vida, junto a ellos. Mencionar a compañera de piso en los primeros 3 años de la técnica, Sandra Boo, que siempre ha sido mi apoyo en Cartagena y sin ella habría cometido alguna locura que otra, aparte de conseguirme todos los apuntes que le pido y ser mi mayor distracción en época de estudios.

A mi Sarita no me la puedo dejar, mi amiga, mi psicóloga, mi profesora, siempre ha estado para todo lo que le necesito y sé que siempre va a ser así.

A Francisco González Paredes, ingeniero que ha realizado la reforma de la embarcación, pedirle perdón por mis miles de preguntas y agradecerle todo lo que me ha enseñado estos meses.

A mis familiares y a todos mis amigos que hacen que se pase el tiempo volando, a los que prefiero no mencionar para evitar así dejarme a alguno en el tintero, porque gracias a ellos este periodo de mi vida ha sido más agradable y ameno.



Índice

Agradecimientos.....	2
1. Antecedentes	6
1.1. Introducción	6
1.2. Instalación pluma 2006	13
1.2.1. Obra de la base	13
1.2.2. Prueba de la pluma	16
2. Reforma.....	18
2.1. Objeto.....	19
2.1.1. Cambio de arte	19
2.1.2. Eficiencia energética.....	23
2.2. Seguimiento de la reforma	24
2.2.1. Cubierta y superestructura	24
2.2.2. Popa	36
2.2.3. Proa.....	42
2.2.4. Grúa de halador	50
2.2.5. Sonar	59
2.2.6. Extracción del eje	63
2.3. Cálculos soportes de las maquinillas	65
2.3.1. Soporte de la grúa de halador.....	65
2.3.2. Soporte de la grúa de copeje	70
2.3.3. Soporte de la maquinilla de jareta	73
2.4. Pruebas de mar	76
2.5. Planos.....	78
2.5.1. Toma de formas.....	78
2.6. Estabilidad.....	91
2.6.1. Calculo Ms tanques	94
2.6.2. Experiencia de estabilidad	96
2.6.3. Estabilidad del buque.....	102
3. Eficiencia energética.....	107



3.1.	Introducción	107
3.2.	Estudio de los problemas	108
3.2.1.	Precio del combustible.....	109
3.2.2.	Requerimientos medioambientales.....	111
3.2.3.	Consecuencias	120
3.2.4.	Estadísticas.....	124
3.3.	Objetivo.....	133
3.4.	Equipos	134
3.4.1.	Motor principal.....	134
3.4.2.	Reductora	135
3.4.3.	Reductora extremo GKS y acoplador de bombas	137
3.4.4.	Sistema de aceite hidráulico.....	141
3.4.5.	Motor auxiliar.....	148
4.	Auditoria energética.....	150
4.1.	Estudio de la propulsión.....	150
4.1.1.	La resistencia al avance	150
4.1.2.	Resistencia para diferentes asientos	159
4.1.3.	Estudio de la hélice.....	162
4.1.3.1.	Hélice antigua	163
4.2.	Sistema Sishultra	181
4.2.2.	Ventajas	182
4.2.3.	Ahorro y amortización.....	183
4.3.	Propulsión diesel-eléctrica	184
4.4.	Alumbrado	186
4.4.1.	Cámara de máquinas.....	186
4.4.2.	Cubierta.....	188
4.4.3.	Cocina, baños y camarotes.....	190
4.5.	Utilización del calor residual del motor.....	191
4.6.	Salida a una marea.....	192
4.6.1.	Estudio con la cámara termográfica	196
4.7.	Sustitución del timón.	204



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



4.8.	Conclusiones	205
4.8.1.	Cuadro resumen de las medidas de ahorro.	206
5.	Bibliografía	207



1. Antecedentes

1.1. Introducción

El buque pesquero “Nuevo Pedro y Loli” fue construido en el año 2000 por el astillero ASFIBE, S.L. situado en Benicarló, se construyó con la función de realizar faenas de pesca de arrastre. Fue adquirido por la empresa “Nuevo Pedro y Loli, C.B”.

Durante catorce años así ha sido, hasta que el armador ha decidido convertir el pesquero arrastrero en una embarcación pesquera de cerco.

Durante este el buque ha sufrido algunos cambios como se puede comprobar en los siguientes apartados de este trabajo, donde se muestra la hoja de asiento del buque, en Agosto de 2006 se instaló una nueva grúa y un bulbo de proa, y en 2008 se realizó un cambio de motor auxiliar.



Ilustración 1: buque anterior a toda remodelación



Ilustración 2: buque en caladero anterior a la remodelación



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



Ministerio de Fomento
Secretaría General de Transportes
ESPAÑA
Dirección General de la Marina Mercante

REGISTRO MARÍTIMO ESPAÑOL REGISTRO ORDINARIO

BUQUES DE PESCA

DATOS REGISTRALES

Nombre: NUEVO PEDRO LOLI
Provincia marítima de: ALICANTE
Distrito marítimo: TORREVIEJA
Matrícula anterior - Distrito marítimo: _____
Año de Inscrp.: 2002
Fecha de Abanderamiento: _____
Patente de Navegación N°: _____
Folio: 1/2000
Hoja: 3
Nación de procedencia: _____
Fecha de expedición: 04/03/2002

DATOS DE PESCA

Número de Identificación de Pesca: _____
Puerto Base: TORREVIEJA

IDENTIFICATIVOS

Distintivo de llamada: _____ N.I.B.: _____ O.M.I.: _____
Indicativo de matrícula: _____ MMSI: _____

CLASIFICACIONES

Clasificación SOLAS: III / R / 3
Tipo de embarcación: PESQUEROS
Subtipo de embarcación: ARRASTRE
Sociedad clasificadora: _____

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

DIMENSIONES				TONELAJE					
Eslora	Manga	Puntal	Calado max.	T.R.B.	T.R.N.	G.T.	N.T.	Desplaz.	T.P.M.
21,50 (L)	6,11	3,20	2,42	55,80		79,62		52,56	

CONSTRUCCIÓN

Astillero: ASFIBE, S.A.
País de construcción: _____
Material de casco: P.R.F.V.
Año de construcción: 2000

MOTORES INSTALADOS

Clase	Marca - Modelo	N° Serie	Año const.	Potencia KW / CV	Autonomía
P.P.L.B.	CATERPILAR-3412 E-DIT	9PW00358		132,35 / 180,00	

Velocidad máxima: 9,000

TITULARES REGISTRALES

Armador/Propietario	Apellidos y Nombre / Denominación empresa	Porcentaje de propiedad
		37,50 %
		37,50 %
		25,00 %

Cotejado y cotejado con el Sr. EL TÉCNICO DE ESTADÍSTICA PESQUERAS

Fdo.: Antonio M. Martínez Sanz

Armador/Explotador	Apellidos y Nombre / Denominación empresa	Modalidad	Fecha fin
ES3219291	NUEVO PEDRO LOLI, C.B.	COMUNIDAD DE BIENES	

Observaciones:

Ilustración 3: registro del buque



Plan de eficiencia energética del pesquero "Nuevo Pedro y Loli"



HOJA DE ASIENTO - COPIA CERTIFICADA ACTUALIZADA		
Registro de TORREVIEJA		
LISTA	LIBRO	PAGINA
3	1	1
Notas Marginales		Orden
Transcripción		1
		<p>1. INSCRIPCIÓN PROVISIONAL: Visto el expediente procedente de la Capitanía Marítima de Castellón, en relación a la construcción del buque pesquero de este asiento con matrícula provisional de Vinaroz (Folio 13-00 de la Lista 9'), conteniendo como documentos relevantes el acta notarial de entrega de la nave (dado en Benicarló el 5-12-00) y los Certificados de Valoración y de Navegabilidad emitidos por la Inspección Marítima de Castellón, de conformidad al Art.49 del RD 1027/1989 de 28 de julio e instrucciones sobre construcción y matriculación de buques en la Lista 3', se acuerda su inscripción provisional en el Folio 1-00 de la Lista 3' previamente reservado. Se expide copia certificada por triplicado de la presente hoja de asiento, una para remitir a la CM' de Alicante para informatización y posterior conocimiento de la Dirección General de Marina Mercante, a efectos de dictar resolución de matriculación definitiva, con copia para el armador. Torrevieja, a 7 de Marzo de 2001. El Capitán Marítimo: Antonio Sánchez Vallés.</p> <p>2. REGISTRO MERCANTIL: Conforme escrito de 7-8-01 del Capitán Marítimo de Alicante y la documentación que acompaña (escrituras de entrega de nave, escritura de préstamo con hipoteca y certificación negativa del Registro Mercantil de Castellón), se hace constar que la embarcación del presente folio ha sido inscrita en el Registro de Bienes Muebles de Alicante, según nota del Registrador de en última página de la escritura de entrega de buque, en el tomo general, libro de Buques, folio , hoja número , inscripción 1'. Su derecho de propiedad consta que es en favor de los cónyuges y en cuanto a una mitad indivisa con carácter ganancial; de , en cuanto a una parte indivisa con carácter privado; y de L. en cuanto a la restante cuarta parte indivisa con carácter privativo. Se toma nota y razón al dorso de la última página de la escritura mencionada, expidiendo copia certificada de la presente hoja de asiento para su envío al Registro Central de Buques de la D.G. Marina Mercante a efectos de su posible inscripción definitiva. Torrevieja, 10 de agosto de 2001. El Capitán Marítimo (p.o.): El Jefe de Sección: Jose Luis Niño Vizcaino.</p> <p>3. ANOTACIÓN MARGINAL: De acuerdo con lo indicado en el escrito, n° de Ref': T10.1 PM.jm del Subdirector General de Tráfico, Seguridad y Contaminación Marítima, relativa al expediente n° 01-224-33 se toma nota en la hoja de asiento de las siguientes incidencias: pesa sobre el buque de este asiento una hipoteca con la CAM (Caja de Ahorros del Mediterráneo) a cargo de la Comunidad de Bienes denominada ' que a efectos de derechos, deudas y obligaciones, queda repartida de la siguiente forma: , y , todos ellos al 25 % del total en todos los conceptos, los dos primeros en régimen de gananciales y los segundos con carácter privativo. Torrevieja a 7 de septiembre de 2001. El Capitán Marítimo: Oscar Villar Serrano.</p>

Ilustración 4: hoja de asiento del buque, página 1



Plan de eficiencia energética del pesquero "Nuevo Pedro y Loli"



HOJA DE ASIENTO - COPIA CERTIFICADA ACTUALIZADA

Registro de TORREVIEJA		
LISTA	LIBRO	PAGINA
3	1	2

Matrícula :

Notas Marginales	Orden
Transcripción	1

14. INSCRIPCIÓN DEFINITIVA: A instancia de su propietario y conforme al RD 1027/89 de 28 de julio, previa aportación de la documentación preceptiva que se une al expediente n° y de acuerdo con el escrito del Subdirector General de Tráfico, Seguridad y Contaminación Marítima de fecha 24 de octubre de 2001, de referencia T10.1 PM/jm, se autoriza la INSCRIPCIÓN DEFINITIVA de la embarcación de este asiento nombrada /NUEVO PEDRO LOLI/ del folio 1-00 de la 3ª lista de Torrevieja. Se expide y entrega Hoja Certificada de Asiento.

Torrevieja a 7 de noviembre de 2001. El Capitán Marítimo: Oscar Villar Serrano.

5. CERTIFICADO SANITARIO: Procedente de la Subdelegación del Gobierno en Alicante se ha recibido el original del "Certificado Sanitario de Reconocimiento de Abanderamiento" de 15-11-2001 expedido por el Ministerio de Sanidad y Consumo (Sanidad Exterior), pendiente de unir al expediente. Se entrega al armador del buque ("Nuevo Pedro Loli, C.B.") el original recibido, quedando copia en el expediente. Se expide nueva copia de esta Hoja de Asiento para el armador y para la Capitanía Marítima de Alicante para informatización.

Torrevieja, 20 de noviembre de 2001. El Capitán Marítimo: Oscar Villar Serrano.

6. PATENTE DE NAVEGACIÓN: Con fecha 04.03.02 fue expedida por el Excmo Sr Ministro de Fomento, la Patente de Navegación n° 14911, actualizándose los datos de manga y puntal en el encabezado de la presente hoja de asiento.

Torrevieja, 9 de abril de 2002. El Capitán Marítimo: Oscar Villar Serrano.

7. ALTA DEFINITIVA EN EL CFPO: Conforme escrito-fax de 08.04.02 del Jefe de Sección de Pesca de la Dependencia del Área de Agricultura y Pesca de la Subdelegación del Gobierno en Alicante, se informa que el buque de este asiento ha causado ALTA DEFINITIVA en el censo de la flota pesquera operativa (CFPO) por nueva construcción.

Torrevieja, 9 de abril de 2002. El Capitán Marítimo: Oscar Villar Serrano.

8. APOORTE DE BAJA (DEFINITIVA): Vista la Hoja de Asiento del pesquero " " (Folio - de la Lista 3ª de Málaga), aportado como baja para la construcción del pesquero de este asiento, en su última anotación de 02.03.01 se acredita su baja definitiva, autorizado por la DGMM (expediente n°), quedando depositado su Rol y Patente de Navegación en la Capitanía Marítima de Santa Pola, según certificado de 13.12.00.

Torrevieja, 9 de abril de 2002. El Capitán Marítimo: Oscar Villar Serrano.

9. ROL DEFINITIVO Y MATRICULACIÓN: Habiendo cumplimentado las instrucciones anteriores del Registro Marítimo Central de Buques (DGMM), se procede a elevar a definitivo el Rol Provisional que hasta la fecha venía detentando el buque de este asiento, considerando que con efectos del día de la fecha, el buque queda inscrito de manera definitiva. Se expide copia

Ilustración 5: hoja de asiento del buque, página 2



Plan de eficiencia energética del pesquero "Nuevo Pedro y Loli"



Registro de TORREVIEJA		
LIBRO	PÁGINA	
3	1	3
Notas Marginales		Orden

Matrícula 3*

Orden	Descripción	Contenido
1	Transcripción	actualizada de la presente Hoja de Asiento para el armador, dejando constancia en el expediente de la entrega de la Patente de Navegación, del Rol definitivo y de la copia de la hoja de asiento. Asimismo se expiden copias para la posterior comunicación a la Administración pesquera (estatal y autonómica) y para informatizar datos por la Capitanía Marítima de Alicante. Torrevieja, 9 de abril de 2002. El Capitán Marítimo: Oscar Villar Serrano. Don/Doña OSCAR VILLAR SERRANO El Jefe Del Registro de TORREVIEJA CERTIFICA : Que, los datos incorporados a esta Hoja de Asiento son copia fiel y exacta del contenido en el antiguo libro de inscripción abierto al buque nombrado NUEVO PEDRO LOLI. Folio Lista 3 de esta matrícula. TORREVIEJA, a 29 de Septiembre de 2004
2	Canje Rol/Licencia Nav.	Previo expediente instruido al efecto, por la Capitanía Marítima de se ha procedido al canje del Rol/Licencia de Navegación del buque del presente asiento, por el Rol nuevo formato de anillas. Todo ello de conformidad con la Disposición Transitoria de la Resolución del 13 de febrero de 2004 (B.O.E. N°50) TORREVIEJA, a 21 de Junio de 2005
3	Obras De Reforma	Previo expediente instruido al efecto a petición de su armador, al buque del presente asiento se le han realizado obras de reforma, conforme resolución Consejería de Pesca de la Comunidad Valenciana de fecha 06 de mayo de 2006 y no habiendo inconveniente de orden técnico conforme la Inspección Marítima de Cartagena, autorizado por el Capitán Marítimo de Cartagena en fecha 17-08-2006. Las obras han consistido en la instalación de una grúa oleohidráulica en cubierta, sin suponer ninguna modificación del arque. La valoración según certificado de fin de obra es la que a continuación se especifica: Nueva Grúa y accesorios: 49.900 euros Mano de Obra: 4.000 euros TORREVIEJA, a 17 de Agosto de 2006
4	Obras De Reforma	Según expediente, a Capitanía Marítima de Castellón según Resolución de 16/07/2008, autorizó que al buque de este asiento se le haya realizado las siguientes obras de reforma: "prolongación de la quilla sin aumento GT". TORREVIEJA, a 07 de Octubre de 2008, a las 12:45
5	Obras De Reforma	Previo expediente instruido al efecto a petición de su armador, al buque del presente asiento se le han realizado obras de reforma, debidamente autorizadas por el Capitán Marítimo de CASTELLÓN con fecha 16/07/2008, consistentes en: Cambio de motor auxiliar por un motor IVECO MOTORS N67 MNA M 15 de 125 CV. Fue inspeccionada la embarcación en Burriana el día 14-11-2008

*Colegado y unificado con el original
EL TÉCNICO DE ESTRUCTURAS PESQUERAS*
Fdo.: Antonio V. Martínez Sanz

Ilustración 6: hoja de asiento del buque, página 3



Plan de eficiencia energética del pesquero "Nuevo Pedro y Loli"



HOJA DE ASIENTO - COPIA CERTIFICADA ACTUALIZADA

Registro de TORREVIEJA		
LISTA	LIBRO	PÁGINA
3	1	4

Notas Marginales

Orden

Obtención De Reforma

5 comprobando el correcto funcionamiento del motor auxiliar instalado. Las obras finalizaron con una valoración de 22.595,00 euros.

TORREVIEJA, a 30 de Abril de 2009, a las 10:36

6 Previo expediente instruido al efecto, esta embarcación ha pasado en un 37,5% a la propiedad de (37,5%), (37,5%) esposa del primero y ambos manteniendo el régimen matrimonial de sociedad de gananciales, y finalmente, quien mantiene el 25% de la propiedad, y todo ello, después de que su 25% de la propiedad, la cual ha pasado a formar parte de los tantos por ciento de los dos primeros comuneros antes citados. Todo ello conforme a Escritura notarial de compra/venta de fecha 31/03/2011 (protocolo n°) liquidado del impuesto general sobre transmisiones y demás tributos. Asimismo, consta certificación del Registrador de Bienes Muebles de Alicante con fecha 6/04/2011 acreditando la inscripción de la transmisión de que trata la presente hoja de asiento. Se expide copia certificada de esta hoja de asiento por cuadruplicado, para entregar tres ejemplares a cada comunero-propietario y el otro para comunicación a la Administración pesquera del Gobierno de España.

TORREVIEJA, a 08 de Junio de 2011, a las 13:13

7 A instancia del Patrón/Armador de la embarcación de este asiento, D. con N.I.F. se hace constar la solicitud de expedición de una nueva hoja de asiento, a efectos de SOLICITUD DE AYUDAS POR PARALIZACIÓN DEFINITIVA DEL BUQUE.

TORREVIEJA, a 07 de Febrero de 2012, a las 10:45

Don/Doña DEL PILAR GARCÍA HERNÁNDEZ JEFE DEL REGISTRO DE BUQUES DEL DISTRITO MARITIMO DE TORREVIEJA

CERTIFICA : Que, el presente Documento es copia fiel y exacta del contenido de Asiento de Inscripción que al folio 1/2000 de la Lista 3 de la Matrícula de TORREVIEJA tiene formado el buque denominado "NUEVO PEDRO LOLI".

Y para que así conste y surta los efectos oportunos expide el presente en: TORREVIEJA, a 18 de Febrero de 2014, a las 09:11

Caratulado y contenido con el original.
EL TÉCNICO DE ESTRUCTURAS PESQUERAS
Fdo.: Antonio V. Martínez Sanz

REGISTRO DE ESTRUCTURAS PESQUERAS
DISTRITO MARITIMO DE TORREVIEJA
ALICANTE

Ilustración 7: hoja de asiento del buque, página 4



1.2. Instalación pluma 2006

En el año 2006 cuando el buque era todavía un arrastrero se instaló una pluma en popa sobre la banda de estribor, con la intención de facilitar la maniobra de pesca.

1.2.1. Obra de la base

A continuación se muestran unas imágenes, tomadas el 17 de Marzo de 2006 donde se puede observar con detalle la obra que se realizó. En la primera imagen se puede observar el lugar donde se posicionó la base de la pluma.



Ilustración 8: posición de la base de la nueva pluma



Ilustración 9: base para la pluma



Ilustración 10: bancada para la base



Ilustración 11: detalle inferior de la bancada



Ilustración 12: detalle superior de la bancada



1.2.2. Prueba de la pluma

Una vez finalizada la obra de instalación de la pluma se realizaron las pruebas correspondientes para comprobar el buen funcionamiento de los sistemas y comprobar el par escorante que produce una tonelada a la máxima distancia que alcanza la pluma.

Se muestran unas fotografías tomadas el 21 de Abril de 2006.



Ilustración 13: prueba de la pluma a la máxima distancia



En la siguiente imagen se muestra el detalle de la conexión hidráulica para el accionamiento de la pluma.



Ilustración 14: detalle conexión hidráulica pluma

En la siguiente imagen tomada el 23 de Marzo de 2014 se puede ver la pluma instalada en 2006, antes de empezar la reforma de 2014, con un importante deterioro después de 8 años en el mar.



Ilustración 15: Pluma en el 2014 antes de la reforma



2. Reforma

Se va a realizar el seguimiento de la reforma con el objetivo de que el alumno pueda adquirir todos los conocimientos de cómo se realiza una reforma de gran magnitud en este tipo de embarcaciones.

A principios de 2014 el armador decidió realizar una reforma en el buque con la finalidad de cambiar el arte de pesca, como se ha comentado anteriormente el buque era un pesquero de arrastre y al realizar la reforma se transformará en un pesquero de cerco.

Estos dos tipos de pesca requieren maniobras y herramientas muy diferentes, por lo que la obra es de gran importancia.



2.1. Objeto

2.1.1. Cambio de arte

Pesca de arrastre

La pesca de arrastre consiste fundamentalmente en la utilización de una red lastrada que barre el fondo del mar con la finalidad de obtener capturas. Este tipo de pesca se realiza durante el día, con luz natural. El número de tripulantes por embarcación oscila entre 3 y 6.

Las redes utilizadas tienen forma de saco con una abertura en sentido horizontal por el extremo delantero, y por el extremo contrario, el saco se estrecha hasta acabar en el copo. La red va unida a cada lado de la abertura mediante cables de acero a las puertas, las cuales facilitan un buen contacto con el fondo.

Normalmente el puente de gobierno se encuentra en la proa y, detrás de él, en dirección a la popa, está el chigre, donde se enrollan los cables de la red. Estos cables, al salir del chigre pasan por los pescantes fijados en el pórtico situado en la popa y, a continuación, se introducen en el mar.

Las redes son remolcadas por la embarcación buscando atravesar los bancos de peces para que estos entren y queden atrapados en el copo.

El modo de arrastre de fondo es uno de los métodos más invasivos de pesca, pues está en contacto con el fondo marino y destruye algas y otros organismos indiscriminadamente. Por esta razón se cuestiona su uso y se exige mayor regulación.

Existen varios tipos de embarcaciones arrastreras, como arrastrero de costado, arrastrero de popa, arrastreros congeladores, arrastreros de tangones.

En el caso del “Nuevo Pedro y Loli” el buque era un arrastrero de popa por lo que estaba dotado de una popa abierta, con un pórtico y un chigre para largar y recoger la red. Como se ha comentado anteriormente, debido al espacio que se tenía en la cubierta en el 2006 se instaló una pluma para ayudar a recoger el pescado capturado.

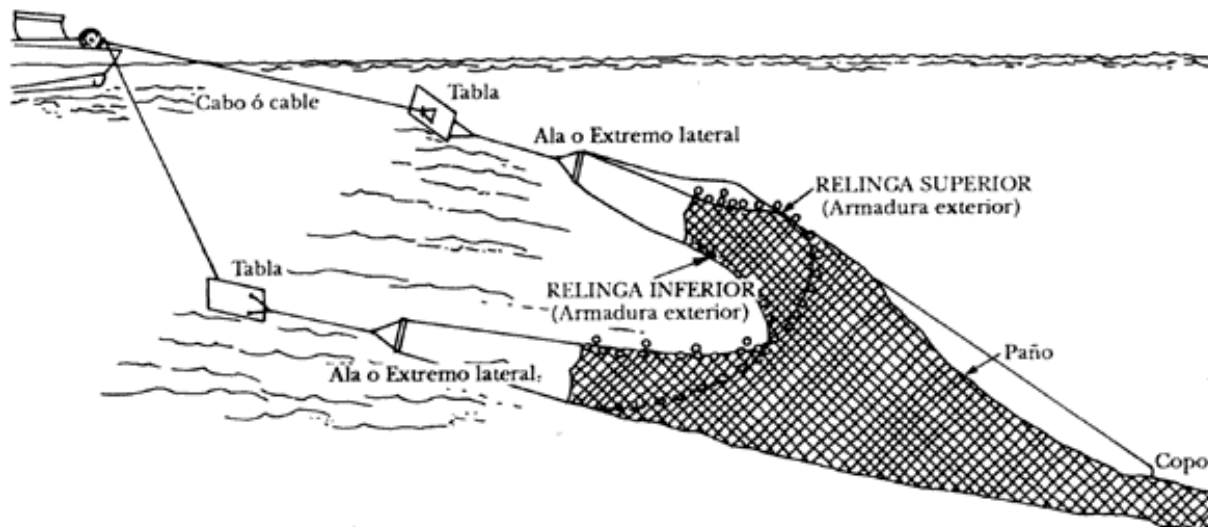


Ilustración 16: Partes de la red de arrastre

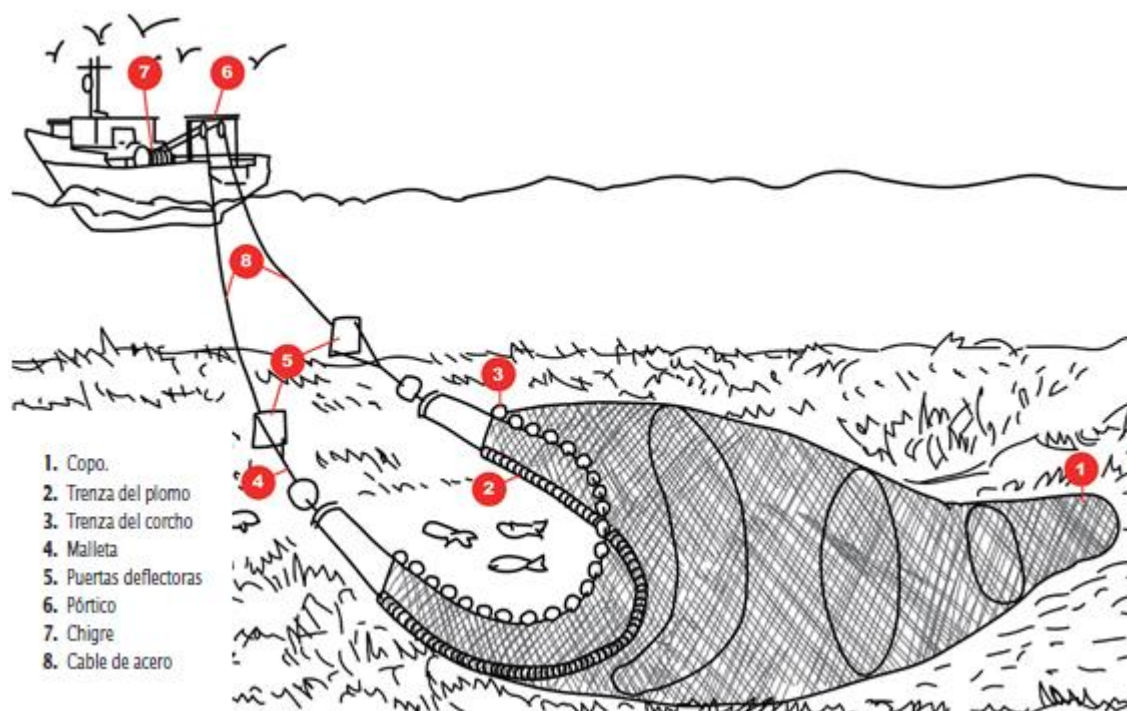


Ilustración 17: red de arrate



Pesca de cerco

Este tipo de pesca se realiza por la noche. El número de tripulantes oscila entre 10 y 13.

Las redes capturan los peces, previamente detectados con aparatos específicos de la embarcación, rodeándolos por todos los lados y cerrando la red por la parte inferior con la jareta, hasta la formación de una bolsa. Las redes utilizadas son de gran tamaño, entre 250 a 1000 metros de longitud y unos 50 de ancho.

El equipo de la embarcación consta básicamente de un halador y de un chigre, ambos utilizados para izar el arte de pesca.

Se utiliza un bote auxiliar con luces muy potentes para atraer al banco de peces. Cuando la red está recogida, se inicia el salabardeo, con el fin de sacar del copo las capturas y dejarlas en la cubierta, estibadas en cajas.

En este arte de pesca se utiliza para la captura de peces cuya costumbre es nadar formando densos cardúmenes o bancos de peces, ya sea en la superficie o a media agua, es decir, pelágicos, como la anchoveta, la sardina, el atún, el bonito, la caballa y el jurel. En un principio, estas especies (y en algunos lugares todavía) eran capturadas mediante artes de enmalle, sardinales y trasmallos; sin embargo, las artes verdaderamente eficaces para esta clase de pesca son las redes de cerco, por las que se han ido sustituyendo

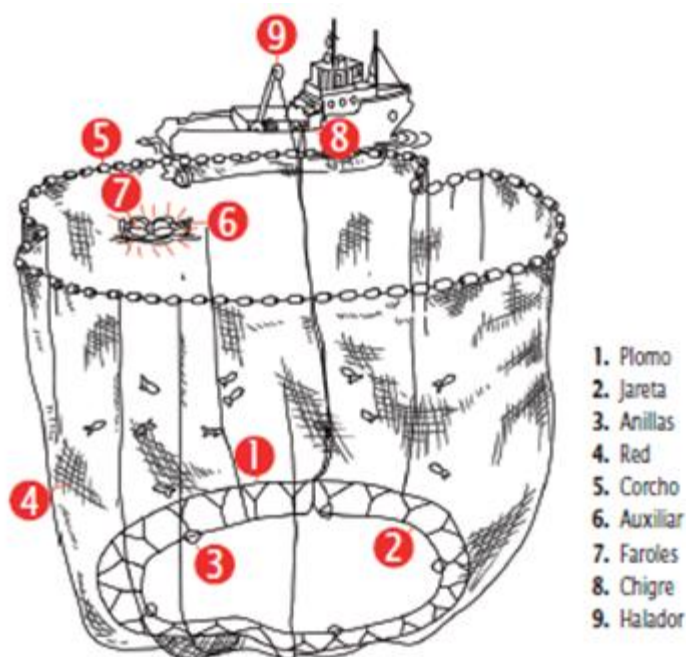




Ilustración 18: explicación de las partes de una red de cerco

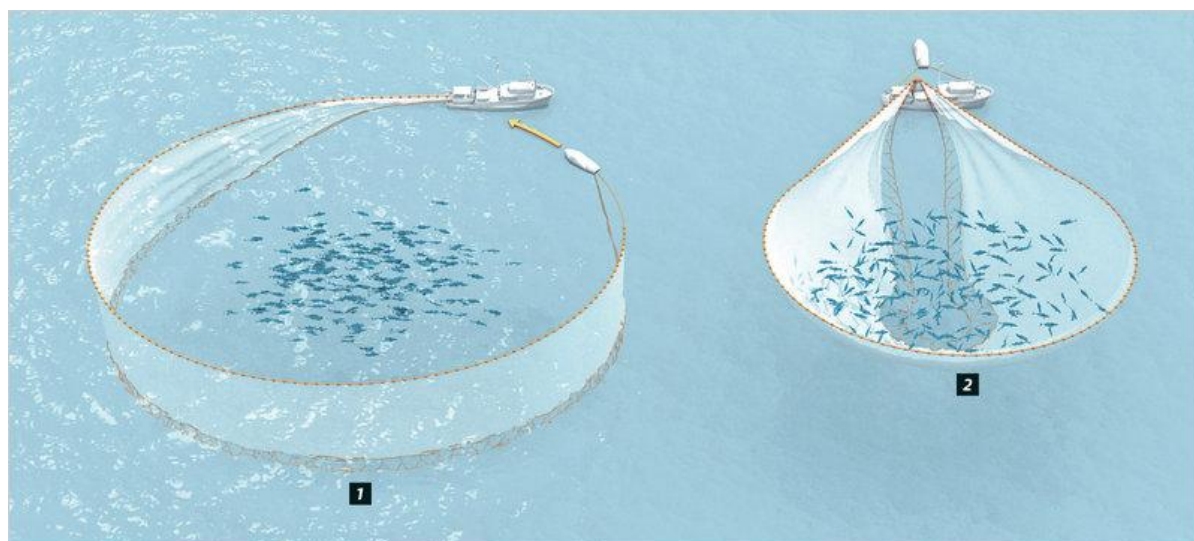


Ilustración 19: maniobra de pesca de cerco



2.1.2. Eficiencia energética

Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), la pesca es el método de producción de alimentos que requiere más intensidad de energía en el mundo, la cual procede casi totalmente de los combustibles fósiles, lo que deriva en una dependencia directa de las variaciones de su precio.

La Unión Europea tiene en sus regiones costeras una enorme riqueza por lo que la explotación sostenible de los recursos marinos vivos es uno de los principales objetivos de su política pesquera, abarcando los tres enfoques básicos de la misma: biológico, medioambiental y económico.

Las políticas en materia de pesca y de medio ambiente se han considerado durante mucho tiempo realidades inmiscibles. Sin embargo, la UE está tratando de integrar el compromiso de crecimiento y empleo tratando de garantizar que el desarrollo económico no conlleve un detrimento de la sostenibilidad ambiental.

La importancia económica de la pesca en Europa es muy elevada, los más de ochenta mil barcos operativos (que emplean de manera directa a más de medio millón de personas) generan un valor de producción cercano a los 7.000 millones de euros.

Solo en España había 66.309 personas empleadas en 2008 sumando personal a bordo y en tierra (MARMSGE–Encuesta Económica de Pesca Marítima), trabajando para 11.116 buques pesqueros (Censo de la Flota Pesquera Operativa a 31/12/2009).

Las últimas publicaciones del Servicio de Estadística del Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino señalan un consumo por la flota española en 2009 de 746 millones de litros de combustible, un 9,5% más que en 2008.

Sirvan estos datos para poner de manifiesto la doble importancia de la cantidad de combustible utilizado por la flota: económica y ambiental.

La necesidad de abordar un cambio drástico en las empresas del sector para acometer la incorporación de medios tecnológicos que permitan reducir el coste y el impacto del combustible empleado en su actividad (siguiendo el camino que otros sectores iniciaron hace décadas) es incuestionable.

La obra se realiza con la intención de mejorar la eficiencia energética del buque, con la finalidad de buscar un ahorro a largo plazo, siguiendo las políticas medioambientales implantadas por la UE.



2.2. Seguimiento de la reforma

Durante la reforma de 2014 se hizo un seguimiento de la misma mediante la toma de fotografías en diferentes días.

La reforma se puede dividir en diferentes partes para realizar un seguimiento más ordenado, en este caso se ha dividido en:

1. Cubierta y superestructura
2. Popa
3. Proa
4. Pluma
5. Sonar

2.2.1. Cubierta y superestructura

Sobre la cubierta se realizaron diferentes tareas, que a continuación van a ser explicadas.

Cuando el buque trabajaba como arrastrero tenía una escotilla de dimensiones considerables para poder introducir el pescado en la cámara frigorífica; en la pesca de cerco no es necesario este tipo de escotilla ya que el pescado se almacena en cajas de madera llenas de hielo, por lo que, se tapó la antigua escotilla y se abrió una más pequeña. Debido a esta razón también se hizo un mamparo nuevo para hacer una cámara frigorífica más pequeña bajo cubierta.

Se muestran unas imágenes donde se detalla la forma en la que la escotilla se convirtió en cubierta y se abrió una más pequeña.



Ilustración 20: detalle del cierre de la antigua escotilla de la cámara frigorífica, tomada el 23/4/2014



Ilustración 21: detalle posición escotillas cámara frigorífica, tomada el 30/4/2014



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

Por otro lado, sobre cubierta el barco tenía una maquinilla de arrastre que soportaba los esfuerzos de la red y servía para recogerla, la maquinilla fue eliminada y se cerró la cubierta.



Ilustración 22: detalle del cierre de cubierta, al eliminar la guía de la red de arrastre. 30/7/2014



Ilustración 23: detalle posición del cierre de cubierta, al eliminar la guía de la red de arrastre. 30/7/2014



En un lateral de la cubierta se instaló la maquinilla para cerrar la parte posterior de la red y así que el pescado quede encerrado.

Al instalar la nueva maquinilla de jareta se tuvo que reforzar la cubierta mediante unos puntales (para trasladar los esfuerzos a la estructura de fondo).

En el costado de babor, en frente de la maquinilla, se montará un taco de poleas para el control y guiado de las relingas.

Las siguientes imágenes muestran la instalación de los elementos anteriormente nombrados.

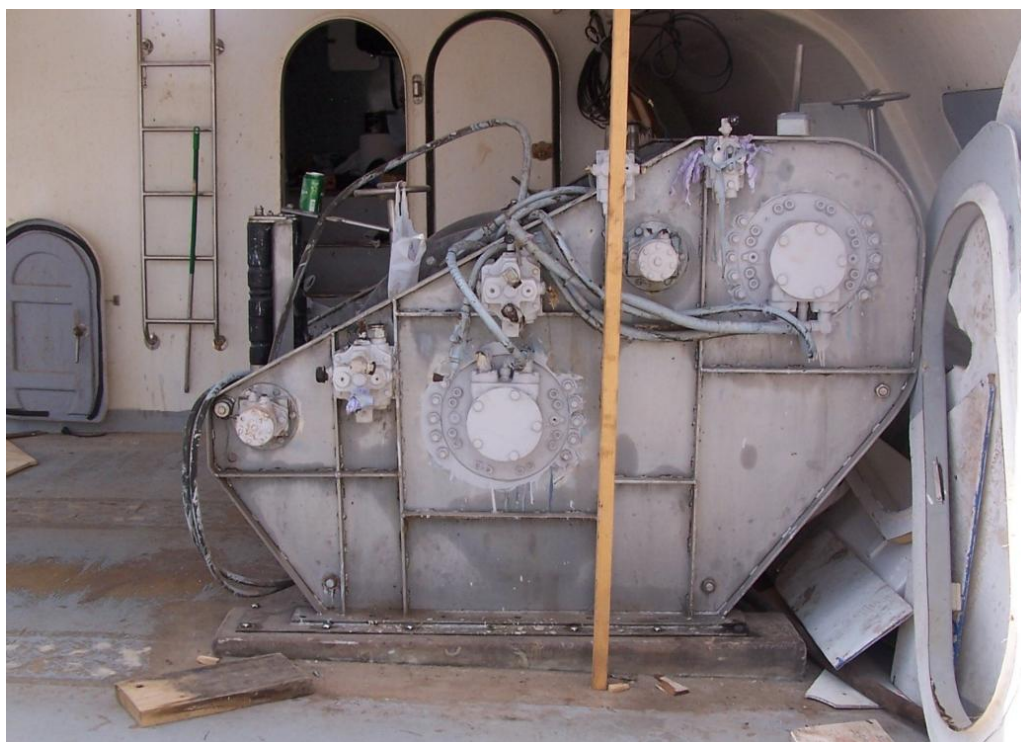


Ilustración 24: maquinilla para recoger la parte posterior de la red, realizada 7/5/2014



Ilustración 25: taco de poleas para maquinilla de jareta, realizada 7/5/2014



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



Ilustración 26: detalle de refuerzo de la amurada para apoyar el taco, realizada 22/5/2014



Ilustración 27: refuerzo del taco de poleas acabado, realizada el 7/10/2014



Antes de realizar la obra, el buque tenía un guardacalor a cada banda y durante la obra se eliminó el guardacalor de la banda de babor con el fin de dejar libre la banda de trabajo. Por esta razón, la bajada a la cámara de máquinas se trasladó a la zona de estribor, aumentando la eslora del guardacalor de estribor para poder instalar en este costado el escape del motor y la entrada a la cámara de máquinas.

En las imágenes se puede ver el antiguo acceso y el refuerzo del pasamano después de haber eliminado la escalera.



Ilustración 28: los dos accesos a cubierta, realizada el 7/4/2006



Ilustración 29: detalle del antiguo acceso a la cámara de máquinas, realizada el 28/4/2014



Ilustración 30: refuerzo de la amurada donde se eliminó el guardacalor, realizada el 7/5/2014



Sobre cubierta se instaló una nueva pluma que será utilizada para izar la cuchara cuando esté llena de pescado, se denomina “grúa de copejeo”

Esta pluma se manejará desde la cubierta de la toldilla, anterior a la reforma normalmente no se subía a esta cubierta ya que no estaba acondicionada, en ella se situaban las balsas salvavidas y servía para cubrir la cubierta principal y poder resguardarse. Al instalar esta pluma para poder izar la cuchara, un tripulante deberá subir cada vez que se hagan las faenas de pesca, por lo que se tuvo que reforzar haciendo una estructura sobre toda la cubierta y se instaló un pasamanos.

Como se puede apreciar, la banda de estribor de la toldilla se cierra por completo para evitar que el agua del mar llegue a la maquinilla de jareta, en cambio, en la banda de babor el costado de la toldilla queda abierto para facilitar el trabajo.

En las siguientes imágenes se puede ver la base de la nueva pluma y la cubierta superior de la toldilla terminada.



Ilustración 31: base pluma pequeña, realizada el 7/5/201

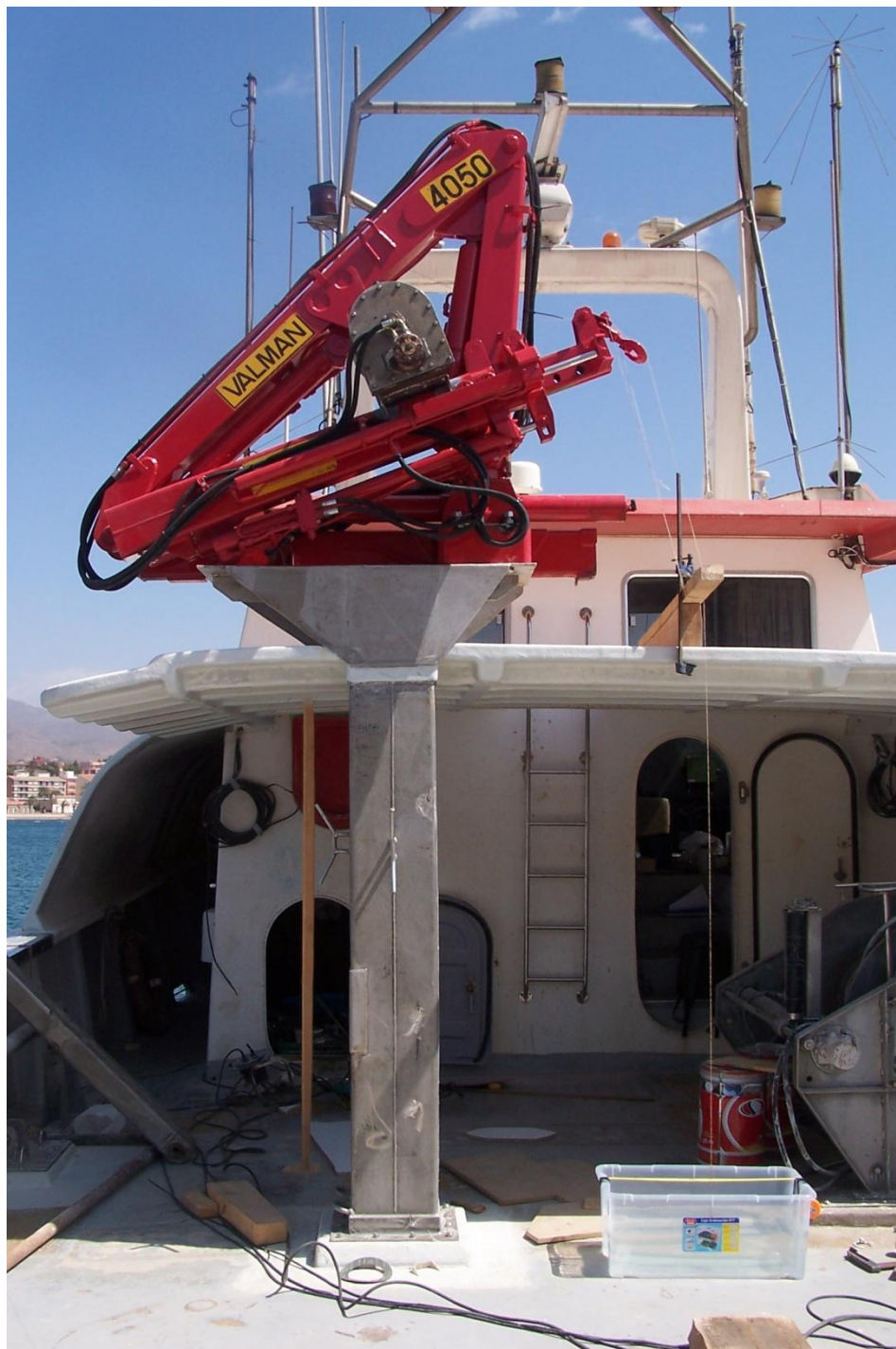


Ilustración 32: grúa de copejeo instalada, realizada el 21/5/2014



Además, se instalaron unos paneles desmontables para sujetar las cajas de pescado durante la carga y la navegación.



Ilustración 33: sujeción de las cajas antes de la carga del pescado, tomada el 7/10/2014



En la banda de estribor a la altura de la grúa de halador, se construyó una estructura de metal para el almacenamiento de los palets que se utilizan para la descarga de las cajas de corcho llenas de hielo.



Ilustración 34: plataforma para almacenar los palets, tomada el 7/10/2014



2.2.2. Popa

Los buques arrastreros de popa tienen popas abiertas dotadas de un pórtico para sujetar la red, al convertir el barco en un pesquero de cerco no es necesario tener este tipo de popa por lo que se eliminó el pórtico de popa de la embarcación, que no será necesario para la pesca al cerco, también se eliminó el rulo de popa, reconstruyendo la amurada en esa zona hasta igualar su altura a la del resto de amurada del barco y la maquinilla de arrastre se retiró.

La amurada nueva se construyó mediante unos listones de madera que hacen la función de puntales, unos tableros de contrachapado que sirven como base para poder proyectar la fibra de vidrio, ya que ésta no se pega a los tableros y podrán ser retirados posteriormente. De esta forma se queda una estructura fuerte formada por capas de fibra de vidrio y los listones de madera.

Se puede hacer un seguimiento del cierre de la popa con las siguientes fotografías.

La siguiente fotografía fue realizada el 23/4/2014, se puede comprobar cómo queda la popa abierta después de haber retirado el pórtico.



Ilustración 35: detalle de la popa al quitar el pórtico



En las siguientes fotografías se puede ver como se construyó la base para poder empezar a proyectar la fibra.



Ilustración 36: foto tomada el 28/4/2014



Ilustración 37: foto tomada el 30/4/2014



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



Ilustración 38: tableros preparados para proyectar la fibra, foto tomada el 30/4/2014

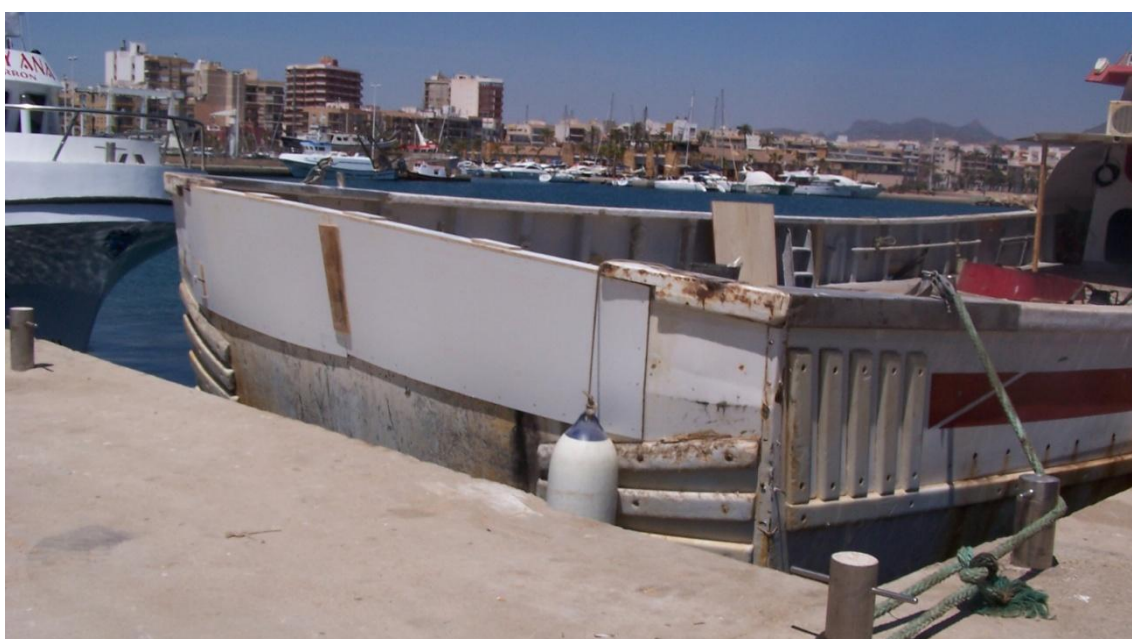


Ilustración 39: foto tomada el 30/4/2014



Ilustración 40: foto tomada el 13/6/2014

Al terminar de cerrar la popa, sobre cubierta, se montó unos pequeños mamparos para almacenar el arte de pesca, en las siguiente imagenes se pueden ver estos mamparos y las bitas para amarrar el barco.



Ilustración 41: mamparos por la banda de estribor, tomada el 7/10/2014



Ilustración 42: mamparos por la banda de babor, tomada el 7/10/2014



Ilustración 43: bitas para amarrar el barco por popa, tomada el 7/10/2014



2.2.3. Proa

El buque disponía de una proa abierta y al realizar la reforma se decidió hacer un superestructura, castillo, y conseguir habilitar un espacio a la tripulación, que será más numerosa al realizar las faenas de la pesca de cerco y además pasará periodos más largos fuera de puerto, mejorando así las condiciones de trabajo de la tripulación, además de aportar seguridad en navegación, puesto que se evita el embarque de agua en la zona de proa en condiciones de mala mar.

Al realizar el castillo se tuvo que construir un pasamanos sobre él para poder hacer la maniobra de atraque con seguridad.

En las siguientes imágenes hacer un seguimiento de cómo se cerró la proa, y se instaló un pasamanos, además de dos cornamusas.

En la primera imagen se puede comprobar cómo el buque tenía una proa abierta a la cual se accedía por pasillos laterales, la imagen se fue tomada el 23/4/2014.



Ilustración 44: proa abierta antes de la reforma



La obra de la proa comenzó construyendo una estructura de madera, para después ser forrada con tablero marino de contrachapado y laminarlo con fibra de vidrio. Una vez laminado se aplica una pintura de protección, sobre todo para protegerlo del sol.



Ilustración 45: detalle lateral de la estructura de proa, realizada el 30/4/2014



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



Ilustración 46: estructura de proa, realizada el 30/4/2014



Ilustración 47: forro de la estructura con tablero marino, tomada el 8/5/2014



En la siguiente imagen se ve el detalle de la estructura formando un refuerzo en la proa, reforzado con la fibra de vidrio.



Ilustración 48: detalle de la estructura de proa, refuerzo en proa, tomada el 20/5/2014



En las imágenes siguientes se puede ver el refuerzo de proa terminado, que posteriormente se cerró para formar un armario.



Ilustración 49: detalle del refuerzo de la proa, tomada el 15/7/2014



En la imagen siguiente se muestra el interior del castillo, donde se pueden ver los armarios de proa y los bancos de las bandas. Todo el interior se forro de fibra de vidrio y se pintó con pintura de epoxi.



Ilustración 50: interior del castillo de proa, realizada el 15/7/2014

Se muestra a continuación el interior de la proa terminado, se puede ver que se han construido armarios, bancos y mesas para que la tripulación pueda hacer las comidas de manera confortable,



además, frete a los bancos se ha instalado una televisión para hacer más ameno el tiempo de espera de la tripulación.



Ilustración 51: interior del local de la proa terminado

En la siguiente imagen se ve el forro de tablero marino, sin pintar, con las cornamusas ya instaladas.



Ilustración 52: forro de proa, tomada el 26/5/2014



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

Una vez forrado se instaló un pasamanos y posteriormente se pintó de blanco para protegerlo de los rayos UV.



Ilustración 53: proa con el pasamanos instalado, tomada el 13/6/2014



Ilustración 54: castillo de proa terminado, tomada el 4/7/2014



2.2.4. Grúa de halador

En la crujía del barco se instaló una nueva pluma, para la recogida de la red, a esta grúa se le denomina “grúa de halador”

En las siguientes imágenes se puede hacer un seguimiento de la preparación estructural que se hizo para soportar la bancada de la pluma. El cálculo de los puntales que trasladan los esfuerzos a la estructura de fondo se puede ver en el apartado 2.3.1.

A partir de una estructura de madera, se forró con fibra de vidrio y resina de poliéster, y en este caso se montaron cuatro puntales de acero para trasladar los esfuerzos al fondo del buque.



Ilustración 55: preparación inicial del refuerzo de la cubierta para la pluma, realizada el 20/5/2014



Ilustración 56: refuerzo cubierta para la pluma, realizada el 20/5/2014

Al mismo tiempo que se preparó el refuerzo de madera, en la cubierta se colocó la bancada de acero inoxidable, sobre la que se iba a apoyar la pluma.



Ilustración 57: instalación base de la pluma el 19/5/2014



Una vez instalada la base sobre cubierta en la posición en la que había de colocarse, se realizaron los agujeros pasantes a la cubierta, para posteriormente poder sujetar la base con unos pernos, como se puede ver en las siguientes imágenes.



Ilustración 58: base de la pluma con los agujeros realizados, tomada el 20/5/2014



Ilustración 59: detalle de los pernos que sujetan la base, tomada el 28/5/2014



Una vez sujetos los pernos se montaron cuatro puntales de acero para trasladar los esfuerzos de cubierta sobre la estructura de fondo. En las siguientes imágenes se puede ver como se instalaron y como quedó el refuerzo de la cubierta una vez terminado.



Ilustración 60: bases para los puntales, realizada el 22/5/2014



Ilustración 61: puntales para trasladar los esfuerzos, tomada el 2/6/2014



Ilustración 62: refuerzo de la cubierta terminado, realizada el 25/6/2014



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

Una vez terminado el refuerzo de la cubierta se instaló la pluma, con su correspondiente instalación hidráulica y además se construyó una plataforma para instalar un cabestrante.



Ilustración 63: pluma instalada sobre su bancada, tomada el 20/6/2014



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



Ilustración 64: refuerzo de popa sobre la base e instalación hidráulica, tomada el 25/6/2014



Ilustración 65: plataforma y cabestrante a popa de la grúa de halador



2.2.5. Sonar

Debido a la nueva arte de pesca, la embarcación debe estar dotada de sonar para poder localizar los bancos de peces, durante la reforma se han instalado dos sonar.

Se realizaron dos orificios en la quilla del barco, sobre los cuales se montaron dos tubos de PVC, reforzados con fibra de vidrio, para instalar los aparatos de sonar en el interior de la embarcación.

En las siguientes imágenes se puede ver como se instalaron estos tubos, como se reforzaron con puntales debido a la longitud de estos y como se instaló finalmente el aparato de sonar.

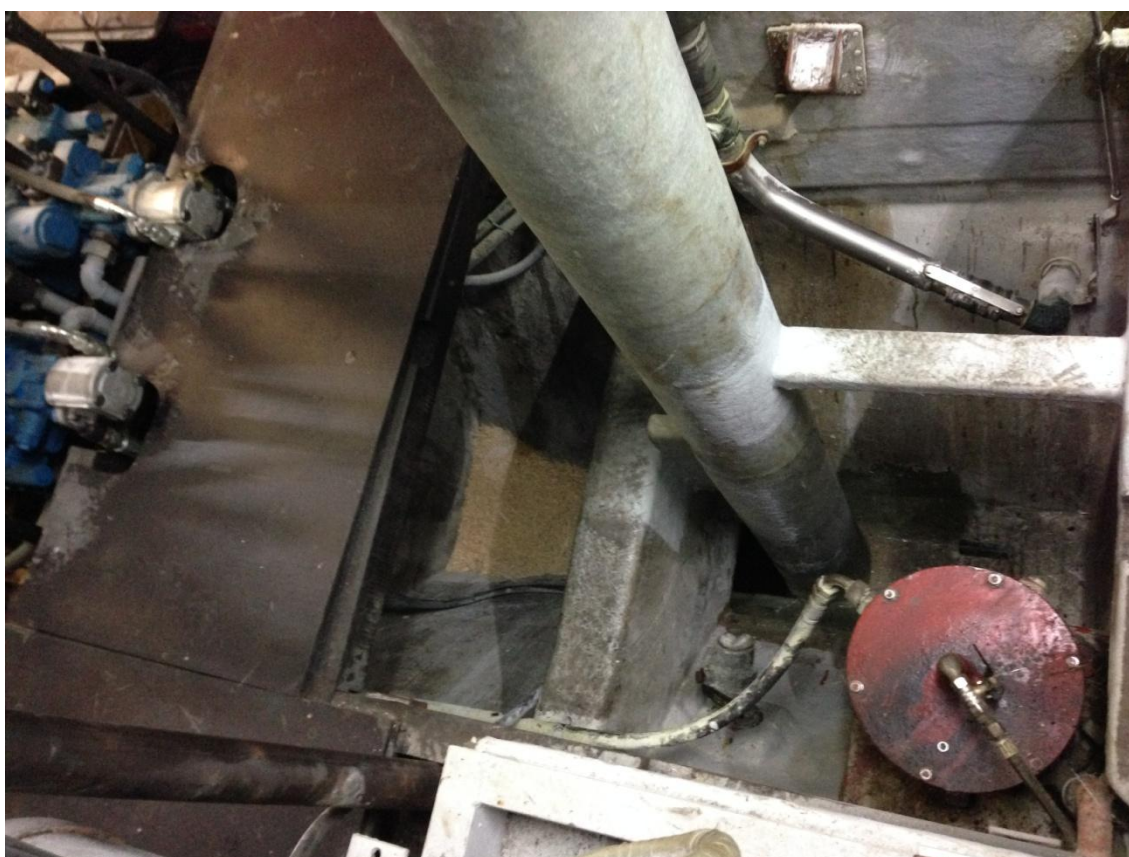


Ilustración 66: detalle puntales de sujeción del tubo de sonar de popa, realizada el 11/6/2014



Ilustración 67: detalle unión tubo al fondo, realizada el 11/6/2014



Ilustración 68: tubo sonar de popa, realizada el 11/6/2014



Ilustración 69: aparato del sonar instalado.



Ilustración 70: unión del sonar al tubo.



2.2.6. Extracción del eje

Aprovechando que el buque se encontraba en el varadero, la capitanía marítima exigió la extracción del eje para realizar la prueba de líquidos penetrantes y comprobar el estado del mismo.

En las siguientes imágenes se puede ver como se extrajo una parte del eje, mediante unos listones y un gato hidráulico.



Ilustración 71: extracción del eje propulsor, tomada en 2/6/2014



Ilustración 72: detalle del eje extraído, con el chavetero, tomada el 4/6/2014

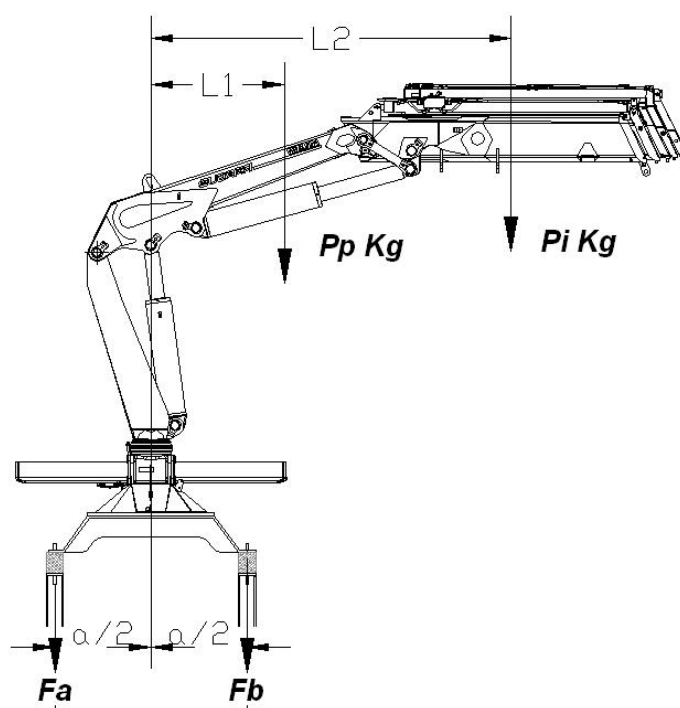


2.3. Cálculos soportes de las maquinillas

2.3.1. Soporte de la grúa de halador

Esta pluma es de la marca ATLAS, modelo 105, con un peso de 1310 Kg. Tiene una capacidad de carga de 5200 Kg a 1,98m de su base.

En la imagen L1 representa la distancia a la base centro de gravedad del peso propio de la grúa. L2 representa la distancia a la base del c.d.g. del peso máximo que se puede alzar con la grúa.



$$P_p = 1310 \text{ Kg}$$

$$L_1 = 1 \text{ m}$$

$$P_i = 5200 \text{ Kg}$$

$$L_2 = 1,98 \text{ m}$$



La grúa estará apoyada sobre una bancada que transmite los esfuerzos al fondo de la embarcación a través de cuatro puntales dispuestos bajo cubierta, como se ha podido ver en las imágenes de apartado 2.2.4.

Se hace a continuación un cálculo de los esfuerzos transmitidos a cada una de las cuatro patas en función del ángulo en el que esté actuando la grúa respecto a la crujía del barco.

En la tabla a continuación se muestran los resultados obtenidos para cada una de las cuatro patas que la soportan (E1, E2, E3, y E4) con la grúa orientada desde 0° hasta 90° a partir de la crujía:

α	Pata E1	Pata E2	Pata E3	Pata E4	E1+E2+E3+E4
0	2671	-5926	-5926	2671	-6510
5	3160	-5404	-6415	2149	-6510
10	3613	-4853	-6868	1598	-6510
15	4026	-4278	-7281	1023	-6510
20	4397	-3682	-7652	427	-6510
25	4721	-3071	-7976	-184	-6510
30	4997	-2449	-8252	-806	-6510
35	5222	-1820	-8477	-1435	-6510
40	5395	-1190	-8650	-2065	-6510
45	5515	-564	-8770	-2691	-6510
50	5581	55	-8836	-3310	-6510
55	5592	661	-8847	-3916	-6510
60	5547	1249	-8802	-4504	-6510
65	5448	1815	-8703	-5070	-6510
70	5296	2355	-8551	-5610	-6510
75	5090	2865	-8345	-6120	-6510
80	4834	3341	-8089	-6596	-6510
85	4528	3779	-7783	-7034	-6510
90	4176	4176	-7431	-7431	-6510

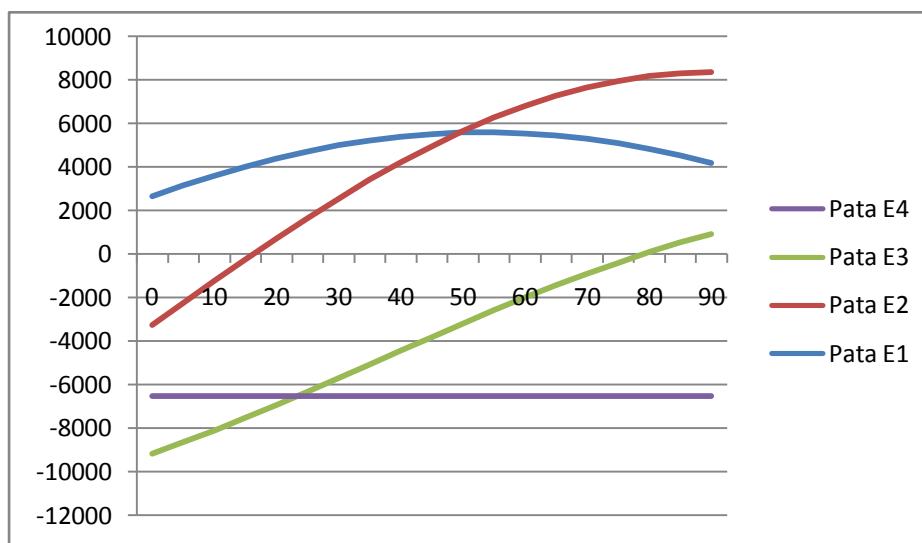
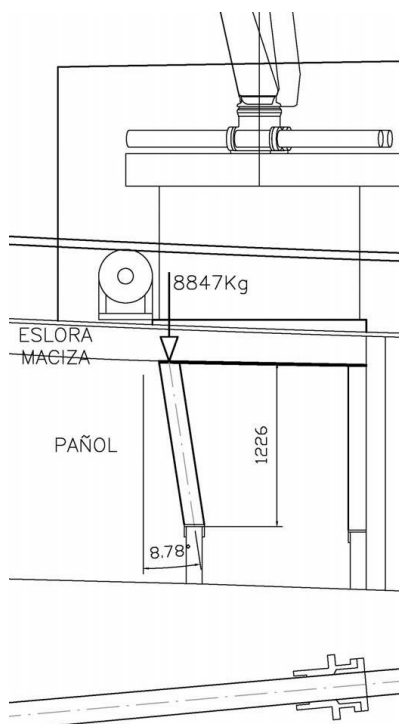


Ilustración 73: representación gráfica de los esfuerzos de las patas de la grúa de halador

Sabiendo que la máxima carga que van a soportar las patas es de 8847 Kg, se calcula la sección necesaria para soportar esta compresión.

Debido a la disposición de varengas, las patas de popa se deben inclinar un ángulo de $8,78^\circ$ respecto a la vertical.





Debido a los 8,8° de inclinación de la fuerza vertical respecto de la pata, dicha pata se verá sometida a una compresión de:

$$F = 8847 * \cos 8,8^\circ = 8743 \text{Kg}$$

y a un momento flector provocado por una fuerza de:

$$M = (8847 * \sin 8,8^\circ) * (1226 \text{mm} / \cos 8,8^\circ) = 1353 \times 1,24 = 1668 \text{Kg} * \text{m}.$$

Se escoge unas patas de acero, de sección 160x148mm y 6mm de espesor.

En la siguiente imagen se señala el eje neutro de la sección, sus medidas y se numeran los elementos calculados en la tabla anterior.

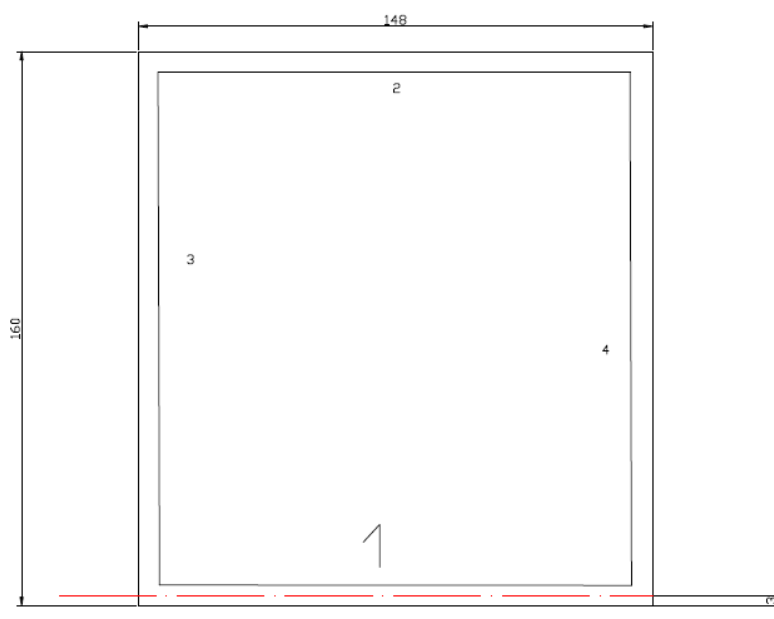


Ilustración 74: sección puntales de soporte de la grúa



En la tabla mostrada a continuación se calculan la inercia y el módulo resistente de cada pata:

Elemento	A	y	y ²	a*y	a*y ²	Ip
1	960	3	9	2880	8640	2880
2	960	157	24649	150720	23663040	2880
3	888	80	6400	71040	5683200	1620896
4	888	80	6400	71040	5683200	1620896
Suma	3696				35038080	3247552

$$Y \text{ eje neutro} = 80\text{mm}$$

$$I_{xx} = 38285632 \text{ mm}^4$$

$$I \text{ eje neutro} = 14631232 \text{ mm}^4$$

$$Z \text{ hacia arriba} = 182890,4 \text{ mm}^3$$

$$Z \text{ hacia abajo} = 182890,4 \text{ mm}^3$$

La tensión debida al momento flector soportada por el material será:

$$\sigma = M / Z = \frac{1668000}{182890} = 9,12 \text{Kg/mm}^2.$$

La tensión debida a la compresión será:

$$\sigma = F / A = \frac{8743}{3696} = 2,36 \text{ Kg/mm}^2.$$

Sumando las dos tensiones se tiene que la sección debe soportar **11,48 Kg/mm²**.

Considerando una resistencia del material de 24Kg/mm², disponemos de un **coeficiente de seguridad** de:

$$24/11,48 = 2,1$$



2.3.2. Soporte de la grúa de copejeo

Esta grúa se utiliza para recoger el pescado desde la red a las cajas, es de la marca VALMAN, modelo 4050, capaz de elevar 2300 Kg a 1,5m del centro de su base y tiene un peso de 600 Kg.

Al estar completamente extendida el centro de gravedad del peso propio de la grúa se encuentra a 0,5m del centro de la base.

Como en el caso anterior P_p es el peso propio de la pluma y L_1 la distancia desde su c.d.g. a su base. Siendo P_i el peso máximo de elevación y L_2 la distancia de este a la base de la pluma.

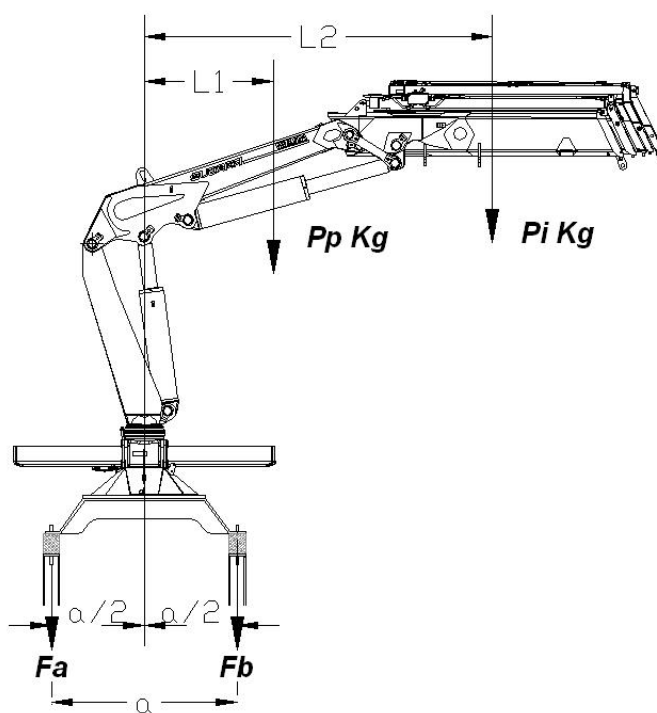


Ilustración 75: esquema de los pesos de la grúa

$$P_p = 600 \text{ Kg}$$

$$L_1 = 0,5 \text{ m}$$

$$P_i = 2300 \text{ Kg}$$

$$L_2 = 1,5 \text{ m}$$



El momento flector provocado por la grúa será:

$$M = 2300 \times 1,5 + 600 \times 0,5 = 3750 \text{ Kg*m.}$$

En este caso la grúa está apoyada sobre un tubo de sección cuadrada de 300x300x10mm. dispuesto verticalmente desde la toldilla hasta la cubierta principal, y que transmite los esfuerzos provocados por la grúa tanto a la cubierta de la toldilla, a la que está trincado, como a la cubierta principal.



Ilustración 76: detalle del tubo de cubierta que soporta la grúa



Este tubo se apuntalará bajo la cubierta principal mediante un tubo de sección rectangular de 160x148x6, se trata del mismo tubo utilizado para los puntales de la grúa de halador, por lo que las inercias y los módulos de resistencia serán los mismos.

Elemento	A	y	y ²	a*y	a*y ²	Ip
1	960	3	9	2880	8640	2880
2	960	157	24649	150720	23663040	2880
3	888	80	6400	71040	5683200	1620896
4	888	80	6400	71040	5683200	1620896
Suma	3696				35038080	3247552

Y eje neutro = 80mm

I_{xx} = 38285632 mm⁴

I eje neutro = 14631232 mm⁴

Z hacia arriba = 182890,4 mm³

Z hacia abajo = 182890,4 mm³

Considerando, muy del lado de la seguridad, que todo el momento provocado por la grúa lo tuviera que soportar el puntal, éste sufriría unas tensiones de:

$$\sigma = M / Z = 3750000 / 182890 = 20,5 \text{ Kg/mm}^2.$$

La tensión debida a la compresión será:

$$\sigma = F / A = 2900/3696 = 0,785 \text{ Kg/mm}^2.$$

Sumando las tensiones por el principio de superposición de tensiones, la tensión total soportada será la suma de las dos anteriores:

$$20,5 + 0,785 = 21,3 \text{ Kg/mm}^2.$$

La tensión soportada por el material es de 24 Kg/mm², lo que da un coeficiente de seguridad de 1,13. Este coeficiente es muy bajo, se ha considerado que el puntal bajo cubierta debe soportar todo los esfuerzos pero no es así, ya que también transmite esfuerzos a la cubierta de toldilla, así que este coeficiente realmente es más alto.



2.3.3. Soporte de la maquinilla de jareta

En la maquinilla de jareta que se utiliza para recoger la red, se considera un tiro de 5Tm.

La maquinilla descansa sobre una plancha que actúa como polín de de apoyo, dicha plancha en su banda de estribor descansa sobre los mamparos del tanque de gas-oil de proa-er y le transmite los esfuerzos tracción.

La banda de babor de la plancha se apoya sobre la cubierta más hacia crujía, en esta parte no existe ningún mamparo, por lo que se colocaron dos puntales de sección circular de 2”, SCH10, con un diámetro exterior de 60,3mm y 2,77mm de espesor.



Ilustración 77: base de la maquinilla terminada, tomada el 7/8/2014

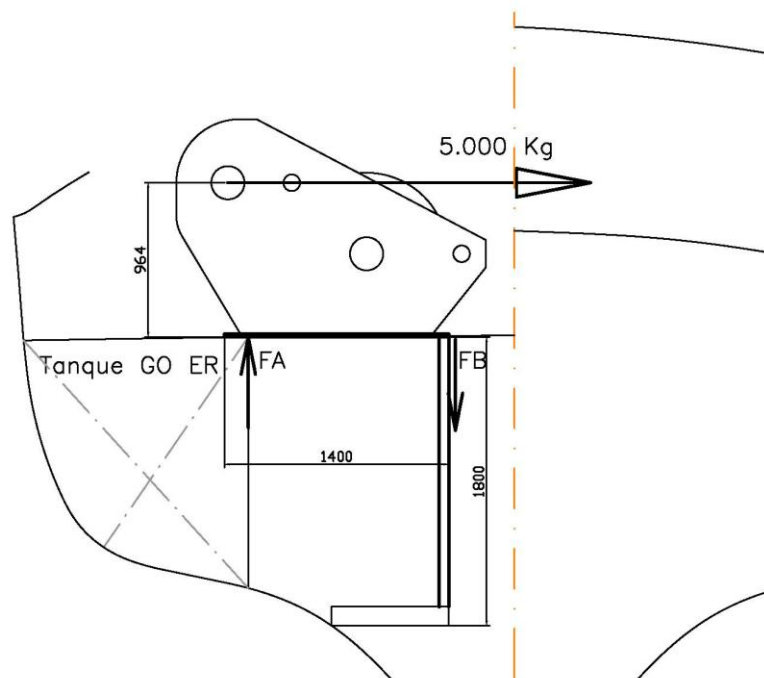


Ilustración 78: esquema de las reacciones de la bancada de la maquinilla

Haciendo un equilibrio de fuerzas en las reacciones de los extremos de la bancada, siendo el extremo A el de la banda de estribor y el extremo B el de crujía:

$$\Sigma F_y = 0 = F_A + F_B$$

$$\Sigma M_B = 0 = (5000 * 0,964) - (1,4 * F_A)$$

$$F_A = 3443 \text{ Kg.}$$

$$F_B = -F_A = -3443 \text{ Kg.}$$

Como se dispondrán dos puntales, cada una soportará la mitad de la carga:

$$3443/2 = 1721,5 \text{ Kg.}$$

Siendo el diámetro medio de $60,3 - \frac{2,77}{2} = 58,91 \text{ mm.}$

La sección 2", SCH10 tiene un área de:

$$\pi * D * e = \pi * 58,91 * 2,77 = 512,65 \text{ mm}^2$$



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

La tensión debida a la compresión será:

$$\sigma = F/A = 1721,5 / 512,65 = 3,44\text{Kg/mm}^2.$$

Considerando una resistencia del material de 24Kg/mm², se dispone de un coeficiente de seguridad de:

$$24 / 3,44 = 7$$

Se ha buscado un coeficiente de seguridad tan alto debido a la curvatura del puntal, que se aprecia en la siguiente imagen.

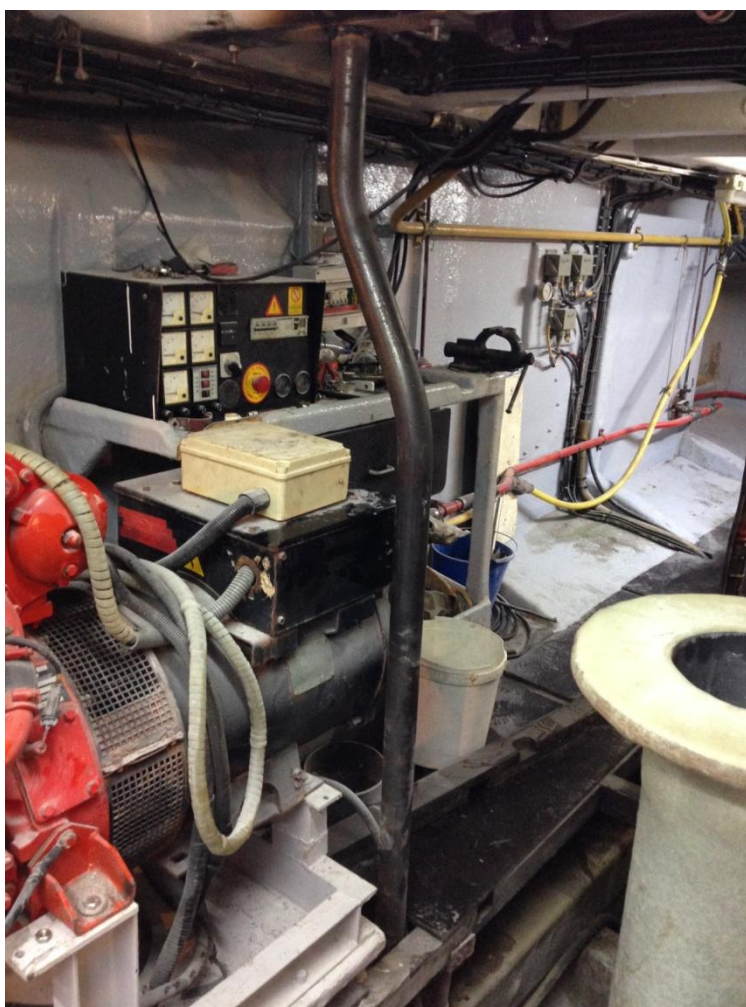


Ilustración 79: puntal para refuerzo de la maquinilla, realizada el 2/6/2014



2.4. Pruebas de mar

Una vez terminada la reforma, el buque debe salir al mar a probar todos los equipos y comprobar la estabilidad. Esta salida debe de estar supervisada por el ingeniero que ha llevado a cabo la obra y el inspector de la capitanía marítima.

En las siguientes imágenes se muestra la salida a la mar que se hizo el 3/7/2014.



Ilustración 80: preparando el lanzamiento de la red, con el bote en el agua.

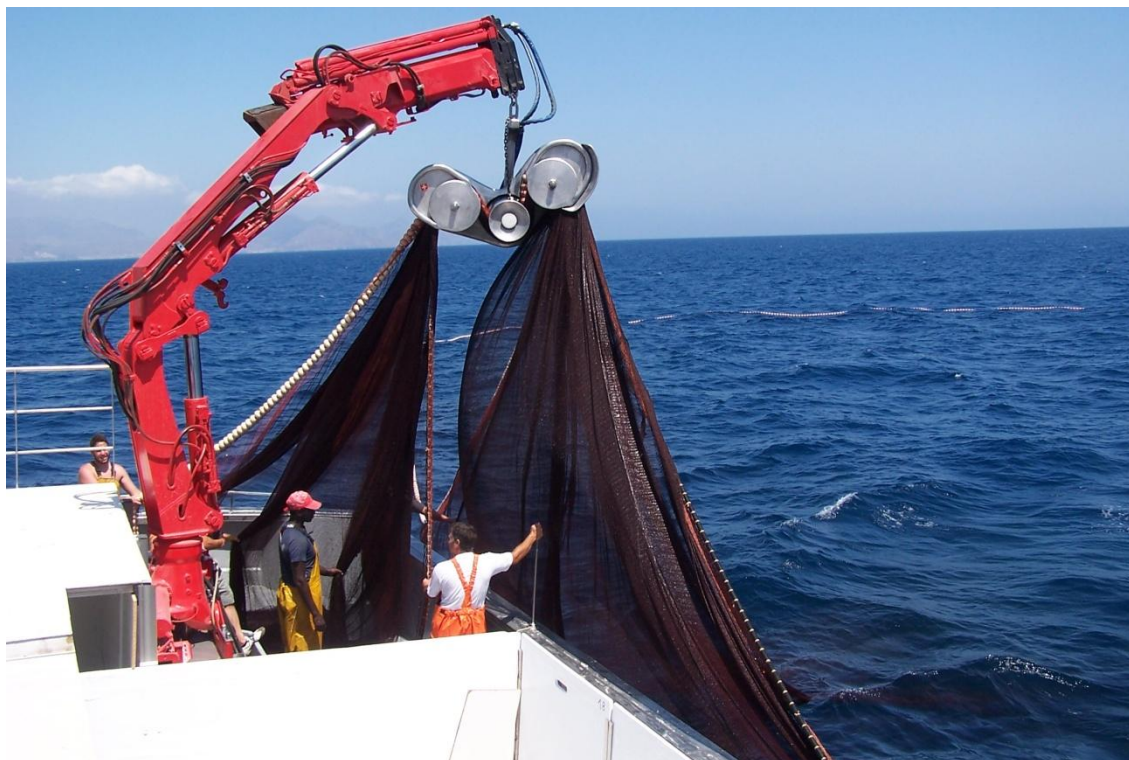


Ilustración 81: largado de la red de cerco



Ilustración 82: probando la pluma para recoger el pescado



2.5. Planos

2.5.1. Toma de formas

El día 28/5/2014 se realizaron unas mediciones en el varadero, comprobando sobre el plano de formas antiguo que no coincidían la realidad, por lo que, se hizo una medición del buque para el levantamiento de nuevo plano de formas, haciendo hincapié en las secciones de proa para sacar las formas del bulbo de proa, ya que en el plano antiguo no se contemplaba.

Estas mediciones permitieron mediante el programa informático “Rhinoceros” tener el barco en 3D y poder extraer un plano de formas acorde con el barco actual.

En las siguientes imágenes ver el procedimiento de la toma de las formas del buque.



Ilustración 83: toma de varias secciones para sacar la curva de proa, tomada el 28/5/2014



Ilustración 84: toma de una perpendicular desde la popa, tomada el 28/5/2014



Ilustración 85: sacada la perpendicular a crujía a partir de una bisectriz, tomada el 2/6/2014



Ilustración 86: marcando divisiones para dividir el casco en secciones.



Ilustración 87: tomando medidas sobre el casco.



Ilustración 88: midiendo sobre referencia en el suelo de una sección.

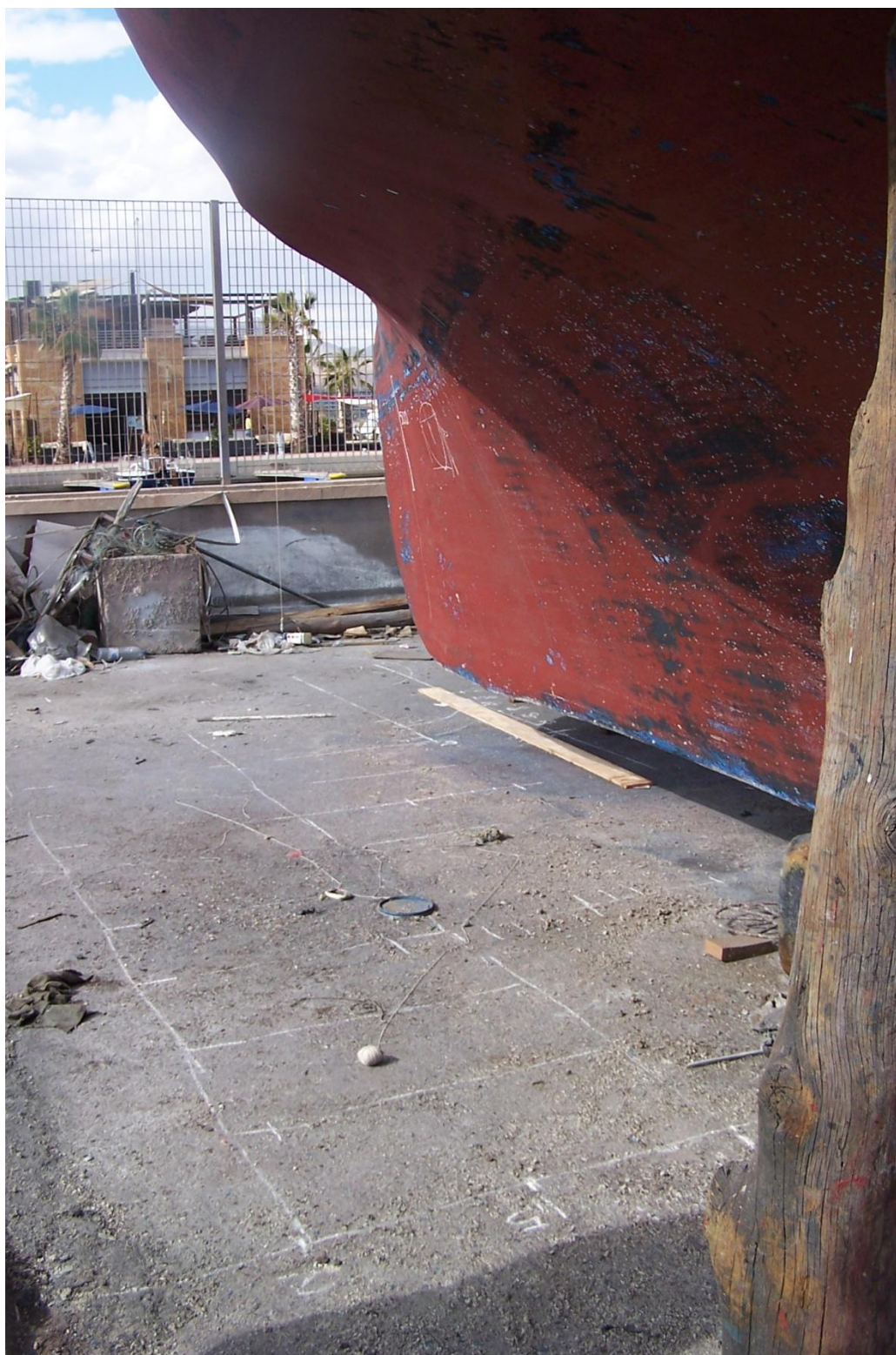


Ilustración 89: secciones para la toma de medidas en proa, tomada el 28/5/2014



Ilustración 90: imagen para referencia curva de la roda en Rhinoceros, tomada el 28/5/2014



Aprovechando que el barco estaba en el varadero, se marcaron los números de calados en proa y popa.



Ilustración 91: medición de los calados de proa, tomada el 2/6/2014



Ilustración 92: números de proa rotulados el 2/6/2014

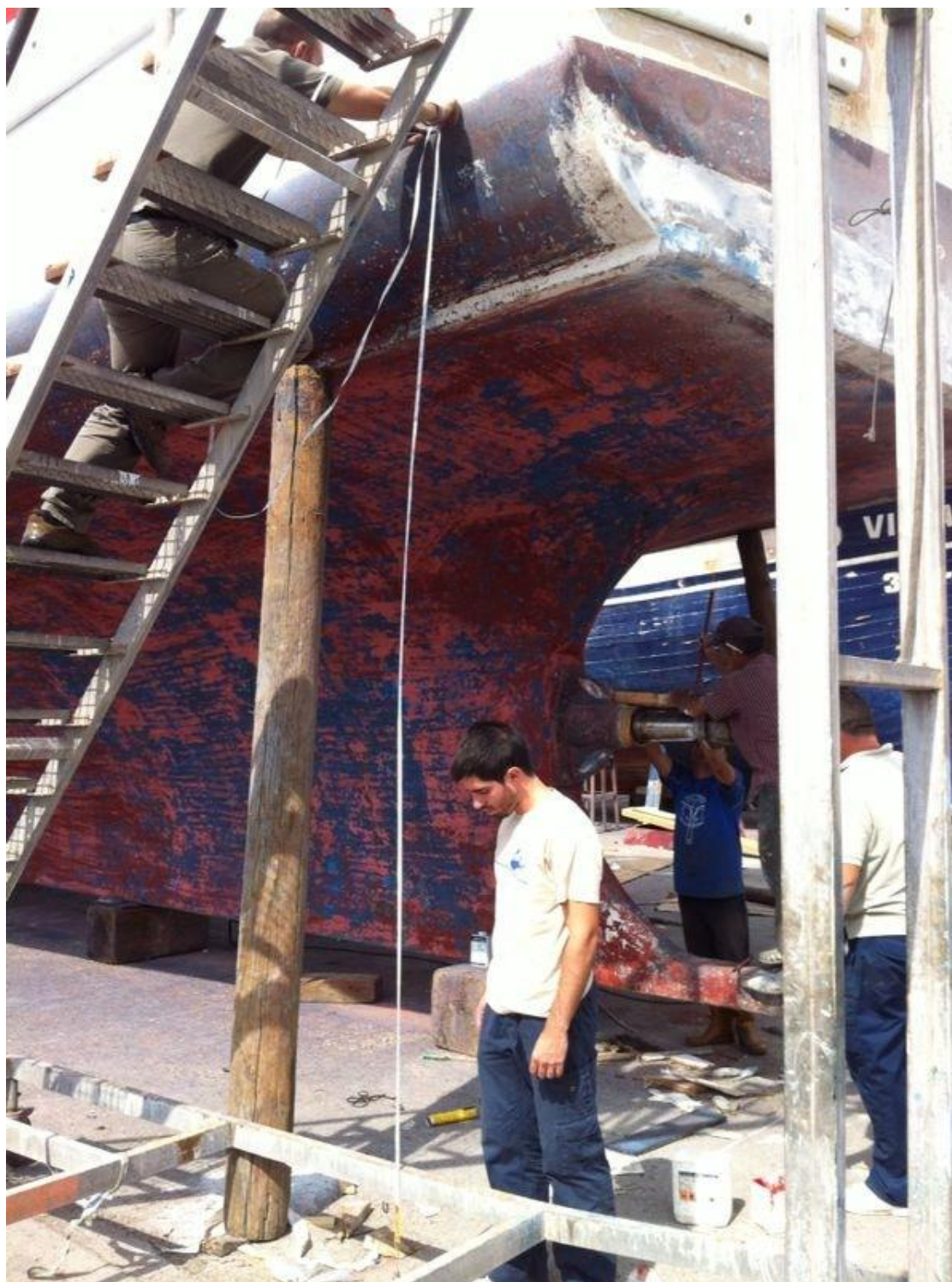


Ilustración 93: medición de calados en popa



A partir de los puntos obtenidos de las diferentes secciones del buque, se pudo extraer las formas en 3D, mediante el programa informático “Rhinceros”.

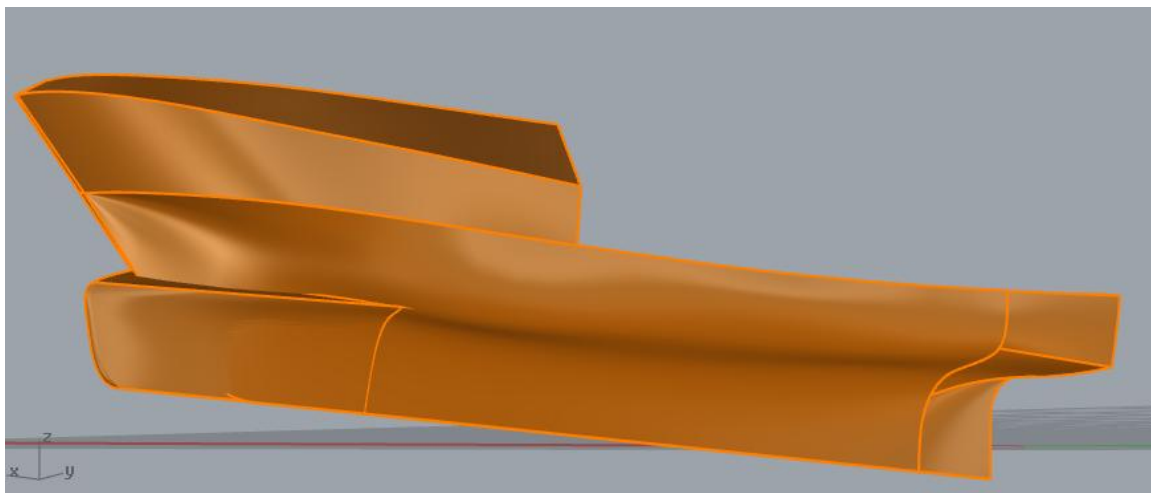


Ilustración 94: imagen tomada del programa Rhinoceros

A partir de la obtención de las formas del casco en Rhinoceros, se exporta la superficie al programa Maxsurf para la obtención del plano de formas, mediante este programa se pueden exportar las líneas del plano de formas a un programa de CAD, ya sea Rhinoceros o Autocad.

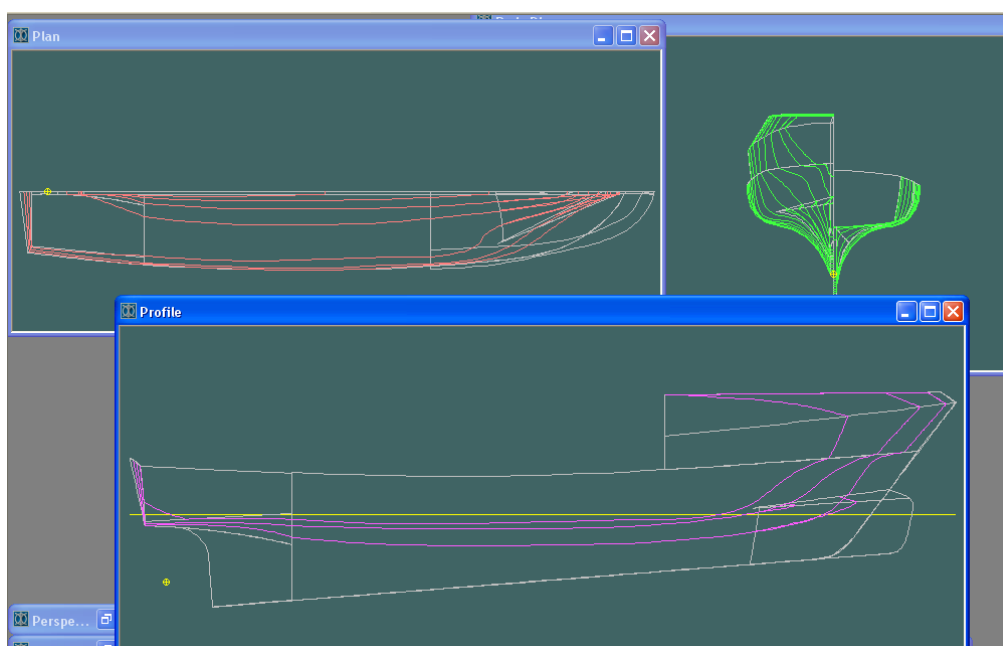


Ilustración 95: líneas de trazo del buque



Estas líneas de trazo se exportan a Autocad y se obtiene el plano de formas del buque.

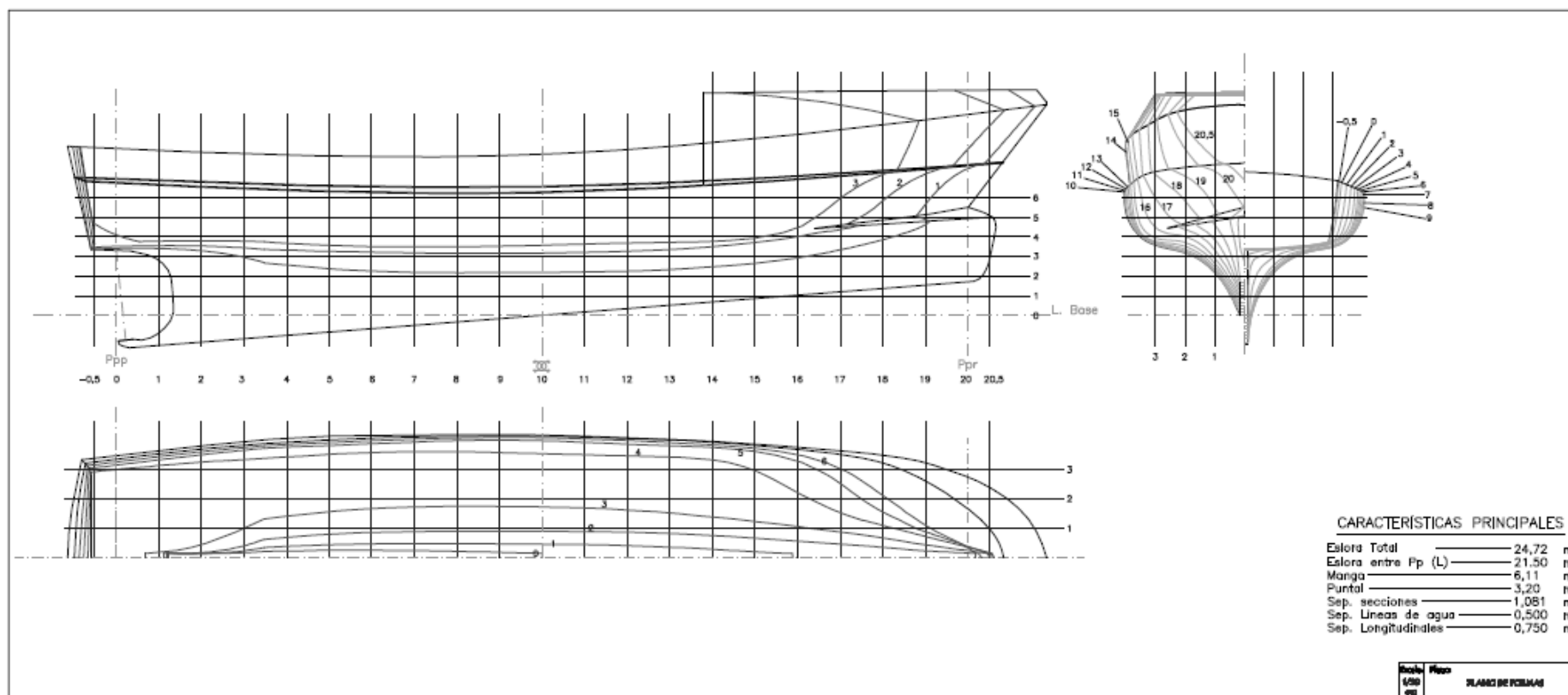


Ilustración 96: plano de formas de la embarcación



2.6. Estabilidad

En la siguiente imagen se muestra la estabilidad realizada a la embarcación en el año 2000 recién construido el buque. Debido a la reforma se han cambiado muchos pesos con la incorporación y la retirada de grúas y varios equipos, por lo que en los siguientes apartados se muestra la experiencia de estabilidad realizada en 2014 después de la reforma.

ESPAÑA
Spain

Ministerio de Fomento
Dirección General de la Marina Mercante

ACTA DE PRUEBAS DE ESTABILIDAD

Datos relativos al buque:

Nombre del buque	Distintivo	Puerto de matrícula	Matrícula	Tipo del buque	Material del casco
NUEVO PEDRO LOLI			3/1	4	P.R.F.V.

En BENICARLO, el día 17/11/2000 y en presencia del Funcionario autorizado, se procedió a efectuar las pruebas de estabilidad del buque, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de Reconocimiento de Buques y Embarcaciones Mercantes.

Las características del buque son las siguientes:

Eslora entre perpendiculares 21,5 m.
Manga (CMD) 6,11 m.
Puntal de Construcción / Cbta. Superior 3,2 / m.
Espesor de cubierta, incluido el espesor real del forro en la vertical del Franco Bordo: 30 mm.
Calado de máxima carga 2,427m. para un Franco Bordo de Verano 803 mm.
Arqueo total 55,80 GT/TRB

PRUEBA DE ESTABILIDAD

Entidad que realizó la experiencia ANCORA INGENIERIA NAVAL SL
Lugar de la experiencia BENICARLO
Condiciones de carga del buque en el experiencia:
PESOS AJENOS: 1.995 T A 4.119 M S/B Y 40325 M PP PESOS QUE FALTAN: 6.000 T A 4.562 M S/B Y 10.050 M PP

Calado a proa 1,1m. Calado a popa 2,9m. Calado medio 1,989m.
Diferencia de calados 1,8 m. Desplazamiento 48,55Tm
Pesos utilizados y su situación
1.920 T A 4.100 M S/B Y 4.400 M PP

Distancia media de traslación de los pesos 5,24m.
Momento escorante = x = 5,03 toneladas x metros
Longitud de cada péndulo: 1° 2,98 m.; 2° m.; 3° m.
Desviaciones medidas: 1° 168 mm.; 2° mm.; 3° mm.
Altura metacéntrica (GM): 1,838 m.
Altura del metacentro sobre la base para la flotación de la experiencia: 4,572 m.
Ordenada del centro de gravedad sobre la base en la experiencia: 2,734 m.
Ordenada del centro de gravedad sobre la base en rosca (KG): 2,89 m.
Abcisa del Centro de Gravedad en Rosca, desde la p.p. /XG): 9,479 m.
Desplazamiento en rosca: 52,56 toneladas métricas

NOTA.—Los calados que se citan en el acta de estabilidad son calados reales en las marcas, los cuales están referidos al canto bajo de la quilla, siendo necesario restar mm. para obtener los de trazado.

Ilustración 97: acta de pruebas de estabilidad del año 2000



La capitanía marítima tenía varias dudas de la estabilidad del barco, por lo que a mitad de la reforma se midieron los francobordos para ir teniendo datos de cómo quedaría finalmente, el día 6/5/2014 se realizó una medición de los francobordos.



Ilustración 98: toma de francobordo de proa



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



En las siguientes imágenes se puede ver los datos extraídos, teniendo en cuenta los pesos que se encontraban a bordo.

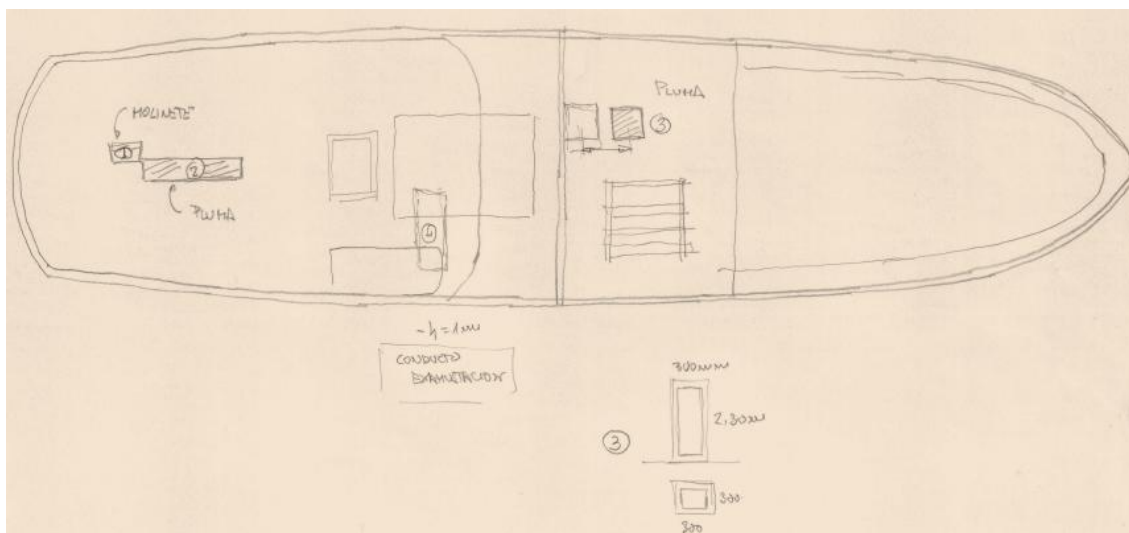


Ilustración 99: pesos en el momento de la medición de francobordos

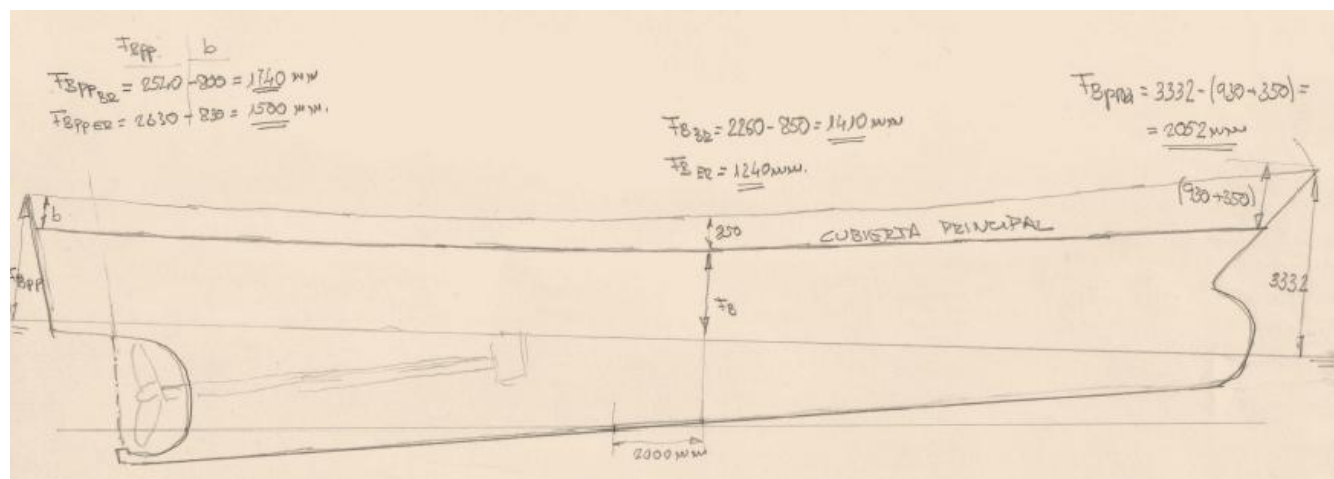


Ilustración 100: medición de francobordos



2.6.1. Cálculo Ms tanques

Para los nuevos cálculos de estabilidad se ha tenido en cuenta la siguiente condición quedan excluidos en los cálculos aquellos tanques que verifiquen la condición:

$$Msl\ 30^\circ < 0.01 \times \Delta_{ROSCA} \text{ por orden ministerial de 29 Julio de 1970}$$

	GO SERVO BR	Aguas Oleosas	GO CMM PP BR	GO CMM PP ER
VOLUMEN DEL TANQUE (m3)..... V=	2,364	2,364	4,011	4,011
ESLORA MÁXIMA DEL TANQUE (m)..... l =	2,173	2,173	2,306	2,306
MANGA MAXIMA DEL TANQUE (m)..... b =	1,999	1,999	1,481	1,481
PUNTAL MÁXIMO DE TANQUE (m)..... h =	0,933	0,933	1,636	1,636
RELACIÓN..... b/h =	2,143	2,143	0,905	0,905
INERCIA TRANSVERSAL (m4)..... I =	1,446	1,446	0,624	0,624
COEF DE BLOQUE (V/b·l·h)..... δ =	0,583	0,583	0,718	0,718
DENSIDAD DEL LÍQUIDO (T/m3)..... d =	0,852	0,913	0,852	0,852
COEF. K PARA ESCORA 30º..... K =	0,093	0,093	0,046	0,046
Msl 30º = V·b·d·k·v δ =	0,286	0,306	0,197	0,197
0,01·(DESP. EN ROSCA) (Tm)..... =	0,475	0,475	0,475	0,475
CORRECCIÓN POR SUPERFICIES LIBRES..... =	NO	NO	NO	NO

	GO CMM PR BR	GO CMM PR ER	GO DOBLE FONDO	Agua Dulce
VOLUMEN DEL TANQUE (m3)..... V=	4,182	4,182	3,381	2,835
ESLORA MÁXIMA DEL TANQUE (m)..... l =	2,518	2,518	2,298	2,400
MANGA MAXIMA DEL TANQUE (m)..... b =	1,483	1,483	1,582	1,188
PUNTAL MÁXIMO DE TANQUE (m)..... h =	1,652	1,652	1,505	1,418
RELACIÓN..... b/h =	0,898	0,898	1,051	0,838
INERCIA TRANSVERSAL (m4)..... I =	0,684	0,684	0,758	0,335
COEF DE BLOQUE (V/b·l·h)..... δ =	0,678	0,678	0,618	0,701
DENSIDAD DEL LÍQUIDO (T/m3)..... d =	1,852	2,852	3,852	4,852
COEF. K PARA ESCORA 30º..... K =	0,046	0,046	0,052	0,044
Msl 30º = V·b·d·k·v δ =	0,435	0,670	0,842	0,602
0,01·(DESP. EN ROSCA) (Tm)..... =	0,475	0,475	0,475	0,475
CORRECCIÓN POR SUPERFICIES LIBRES..... =	NO	NO	NO	NO



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



	ACEITE MOTOR	ACEITE HIDRÁULICO	Tq Séptico
VOLUMEN DEL TANQUE (m3)..... V=	0,548	0,568	0,072
ESLORA MÁXIMA DEL TANQUE (m)..... l =	1,170	1,170	0,400
MANGA MÁXIMA DEL TANQUE (m)..... b =	0,981	0,986	0,600
PUNTAL MÁXIMO DE TANQUE (m)..... h =	0,967	0,987	0,300
RELACIÓN..... b/h =	1,014	0,999	2,000
INERCI TRANSVERSAL (m4)..... I =	0,092	0,093	0,007
COEF DE BLOQUE (V/b·l·h)..... δ =	0,494	0,499	1,000
DENSIDAD DEL LÍQUIDO (T/m3)..... d =	5,852	6,852	7,852
COEF. K PARA ESCORA 30º..... K =	0,051	0,050	0,090
Msl 30º = V·b·d·k·v δ =	0,113	0,136	0,031
0,01·(DESP. EN ROSCA) (Tm)..... =	0,475	0,475	0,475
CORRECCIÓN POR SUPERFICIES LIBRES..... =	NO	NO	NO

Por tanto, **no se hará ninguna corrección por superficies libres de los tanques.**



2.6.2. Experiencia de estabilidad

La experiencia de estabilidad para calcular el peso en rosca de la embarcación y la posición de su centro de gravedad se realizó en el puerto de **Mazarrón el 30/06/2014**, con dos personas a bordo.

Los calados de proa y popa respecto a la quilla en las marcas de calado resultaron **0,897 m, 2,847 m** respectivamente.

Se van a realizar los cálculos para los pesos ajenos al desplazamiento en rosca y a los que faltan a bordo que deberían pertenecer al desplazamiento en rosca.

Pesos 1: pesos a bordo ajenos al desplazamiento en rosca en el momento de la experiencia.

CONCEPTOS	PESOS (Tm)	Yg	Xg	Zg	M. Yg	M. Xg	M. Zg
2 PERSONAS	-0,1500	4,296	11,500	0,000	-0,644	-1,725	0,000
P.EXPERIENC	-1,9395	3,545	6,018	0,045	-6,876	-11,672	-0,087
GO CMM PR BR	-0,7015	1,929	11,606	-2,040	-1,353	-8,142	1,431
GO CMM PR ER	-0,2151	1,788	11,550	1,900	-0,385	-2,484	-0,409
GO CMM PP BR	-0,2762	1,778	9,210	-1,948	-0,491	-2,544	0,538
GO CMM PP ER	-0,9103	1,954	9,226	2,090	-1,779	-8,398	-1,903
AC HIDRÁULICO	-0,2774	2,109	13,491	-2,347	-0,585	-3,742	0,651
AC MOTOR	-0,1799	2,033	13,489	2,314	-0,366	-2,427	-0,416
GO SERVO BR	-0,6523	1,893	0,128	-1,340	-1,235	-0,083	0,874
VARIOS SOLLADO	-0,1000	1,876	16,650	0,000	-0,188	-1,665	0,000
	-5,4022	2,573	7,938	-0,126	-13,901	-42,883	0,679



Pesos 2: pesos no situados a bordo en el momento de la experiencia y que forman parte del peso en rosca.

CONCEPTOS	PESOS (Tm)	Yg	Xg	Zg	M. Xg	M. Yg	M. Zg
CO2	0,070	4,000	15,390	-1,525	0,280	1,077	-0,107
BALSAS	0,100	6,051	12,453	0,000	0,605	1,245	0,000
SONAR CMM	0,020	2,480	12,291	0,000	0,050	0,246	0,000
COLCHONES ESPUMA	0,015	2,464	16,320	0,000	0,037	0,245	0,000
	0,205	4,740	13,723	-0,521	0,972	2,813	-0,107

El total de los pesos utilizados en la experiencia es de:

$$P = 1,9395 \text{ Tm},$$

que se dividieron en dos conjuntos en proa y popa como se ve en el siguiente croquis:

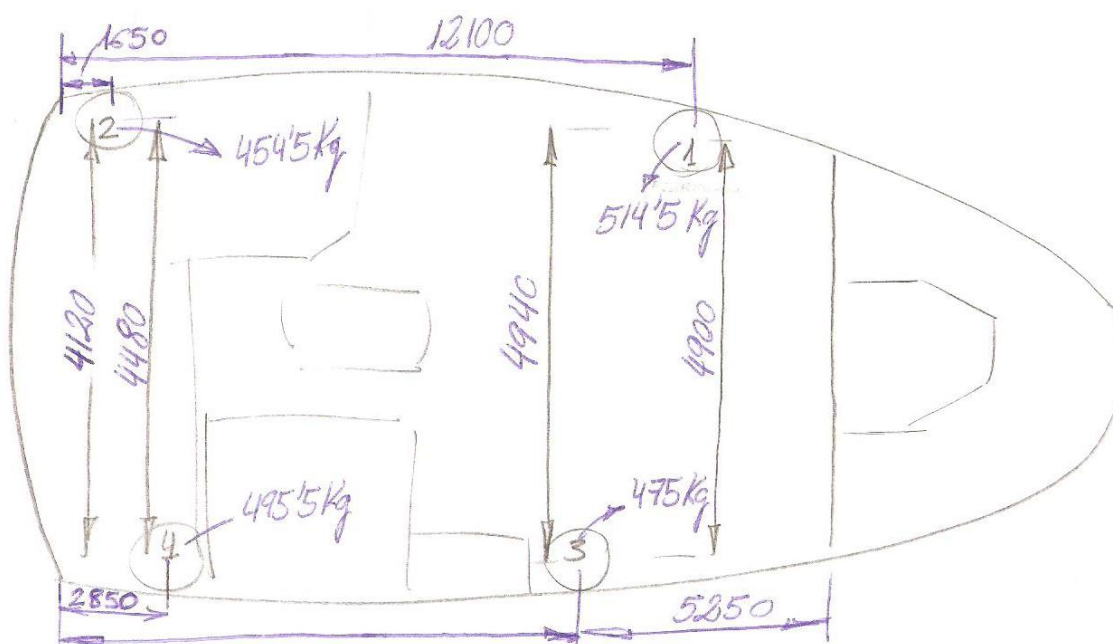


Ilustración 101: mapa de pesos en la experiencia de estabilidad.



La distancia de traslación de estos fue de:

$$D = (514,5 * 4900 + 454,5 * 4120 + 475 * 4940 + 495,5 * 4480) / 1939,5$$

$$D = 4,620m$$

lo que resulta un momento escorante para cada conjunto de:

$$Me = 4,480 \text{ Tn*m}$$

Y la desviación del péndulo fue de:

$L = 2475 \text{ mm}$, longitud del péndulo.

$d_{BR} = 100 \text{ mm}$, desviación a Br.

$d_{ER} = 92,5 \text{ mm}$, desviación a Er.

$d_m = 96,25 \text{ mm}$, desviación media.

$Tg(\theta) = (d_m/L) = 0,039$, tangente de la desviación.

$(\theta) = 2,227^\circ$, ángulo de escora.



A partir de los calados de proa y popa, se han calculado los datos necesarios para posicionar el centro de gravedad y de carena en la condición en rosca.

Draft Amidsh. m	1,907
Displacement tonne	53,04
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	1,806
Draft at AP m	2,008
Draft at LCF m	1,926
Trim (+ve by stern) m	0,201
∇VL Length m	22,970
∇VL Beam m	5,256
∇Wetted Area m ²	132,664
∇Waterpl. Area m ²	90,406
Prismatic Coeff.	0,634
Block Coeff.	0,158
Midship Area Coeff.	0,307
∇Waterpl. Area Coeff.	0,749
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	9,392
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	8,736
KB m	1,386
KG m	2,000
BMT m	3,188
BML m	52,738
GML m	2,562
KML m	4,575
Immersion (TPc) tonne/cm	0,927
MTc tonne.m	1,286
RM at 1 deg = GML Disp.sin(1) tonne.	2,371
Max deck inclination deg	0,5
Trim angle (+ve by stern) deg	0,5

Ilustración 102: datos extraídos de hidromax para la experiencia de estabilidad

Los datos necesarios son:

$$\Delta = 53,04 \text{ Tm}$$

$$\text{Calado en la Pp. Popa} = 2,008$$

$$\text{Calado en la Pp. Proa} = 1,806\text{m}$$

$$\text{Calado medio} = 1,907\text{m}$$

$$\text{Asiento} = 0,202$$

$$\text{Tg}(\varphi) = 9,3488 * 10^{-3}$$



$$\varphi = 0,536^\circ$$

Abscisa del centro de carena resp. Ppp (XB) = 9,392

Ordenado del centro de carena resp. L.Base (KB) = 1,386m

Radio metacéntrico transversal (BMt) = 3,188 m

$$GMt = (P/2) * d / (\text{Desplazamiento} * \text{tg}(\theta)) = (1,9395/2) * 4,620 / (53,03 * \text{tg}(2,227)) = 2,172\text{m}$$

Abscisa del centro de gravedad resp. Ppp (LCG)

$$LCG = XB + (BMT - GMt) * \text{sen}(\varphi) = 9,393 + (3,188 - 2,172) * \text{sen}(0,536)$$

$$LCG = 9,403\text{m}$$

Ordenada del centro de gravedad resp. L.Base (KG)

$$KGc = KB + (BMT - GMt) * \text{cos}(\varphi) = 1,386 + (3,188 - 2,172) * \text{cos}(0,536) =$$

$$KGc = 2,402\text{m}$$

Se muestra la tabla para el paso a la condición en rosca

CONCEPTOS	PESOS (Tm)	Yg	Xg	Zg	M. Xg	M. Yg	M. Zg
BUQUE	53,040	2,402	9,403	0,000	127,402	498,735	0,000
PESOS 1	-5,402	2,573	7,938	-0,126	-13,901	-42,883	0,679
PESOS 2	0,205	4,740	13,723	-0,521	0,972	2,813	-0,107
	47,843	2,393	9,587	0,012	114,473	458,666	0,573



El buque en la condición en rosca queda con:

PESO DEL BUQUE EN ROSCA 47,843 Tn

ABCISA DESDE P_{PP}. 9,587 m.

ORDENADA SOBRE L. BASE 2,393 m.

ABCISA A CRUJIA 0,012 m.



2.6.3. Estabilidad del buque

Al tratarse de una embarcación de pesca de menos de 24m de eslora, se deben de estudiar las siguientes condiciones de carga, contempladas por la administración (RD 543/2007):

- Situación de carga 1: Salida puerto, 100% consumos y provisiones.
- Situación de carga 2: Salida de caladero, completo de pesca, 35% consumos y provisiones.
- Situación de carga 3: Llegada a puerto, completo de pesca, 10% consumos y provisiones.
- Situación de carga 4: Llegada a puerto, 20% de pesca, 10% consumos y provisiones

Las curvas de la estabilidad de todas las situaciones de carga deberán cumplir los siguientes criterios:

1. El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) no será inferior a 0,055 m.rad hasta un ángulo de escora de 30°, ni inferior a 0,09 m.rad. hasta 40° o hasta el ángulo de inundación, si éste es inferior a 40°.
2. El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) entre los ángulos de escora de 30 y 40, o entre 30 y θ_f , si este ángulo es inferior a 40, no será inferior a 0,03 m.rad.
3. El brazo adrizante (GZ) será de 0,20 m como mínimo a un ángulo de escora igual o superior a 30°.
4. El brazo adrizante máximo (GZ) se dará a un ángulo de escora no inferior a 25°.
5. La altura metacéntrica transversal inicial (GMo) no será inferior a 0,35 m.



A continuación se estudian las curvas de estabilidad para cada situación de carga:

Situación de carga 1: Salida puerto, 100% consumos y provisiones.

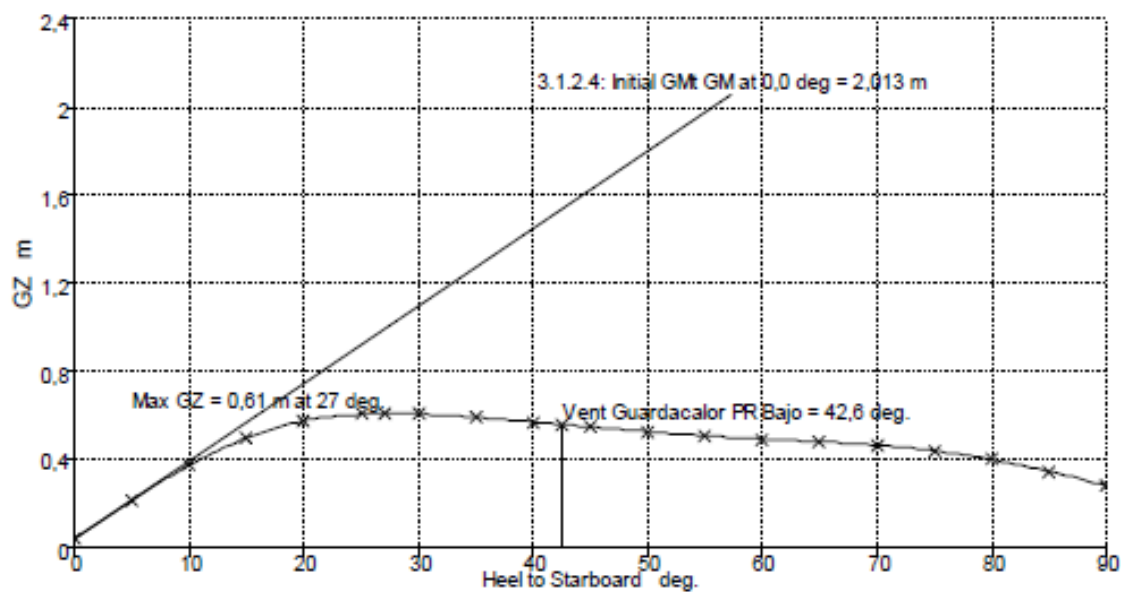


Ilustración 103: curva de estabilidad de la situación 1

Se cumplen todos los criterios de estabilidad para esta situación.



Situación de carga 2: Salida de caladero, completo de pesca, 35% consumos y provisiones.

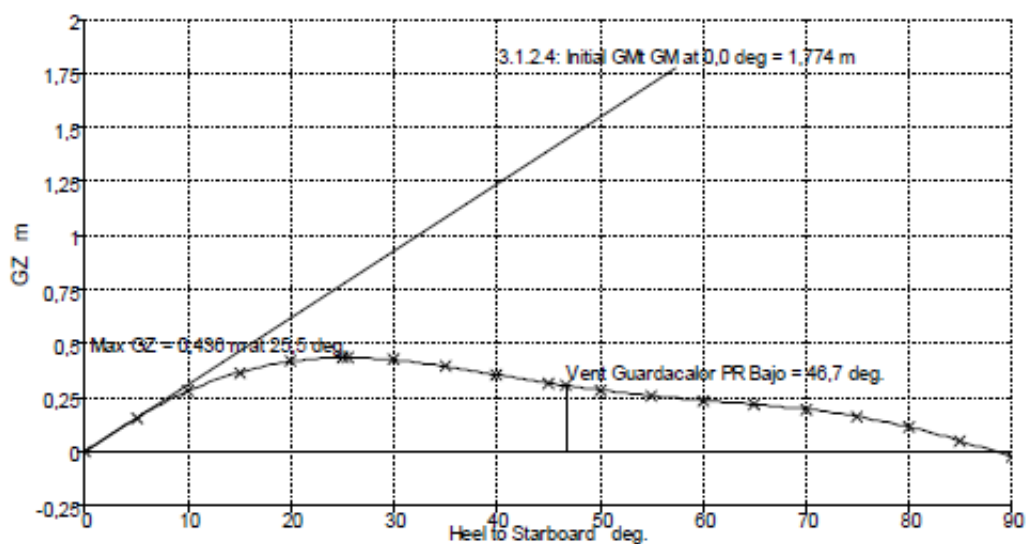


Ilustración 104: curva de estabilidad de la situación 2

Se cumplen todos los criterios de estabilidad para esta situación.



Situación de carga 3: Llegada a puerto, completo de pesca, 10% consumos y provisiones.

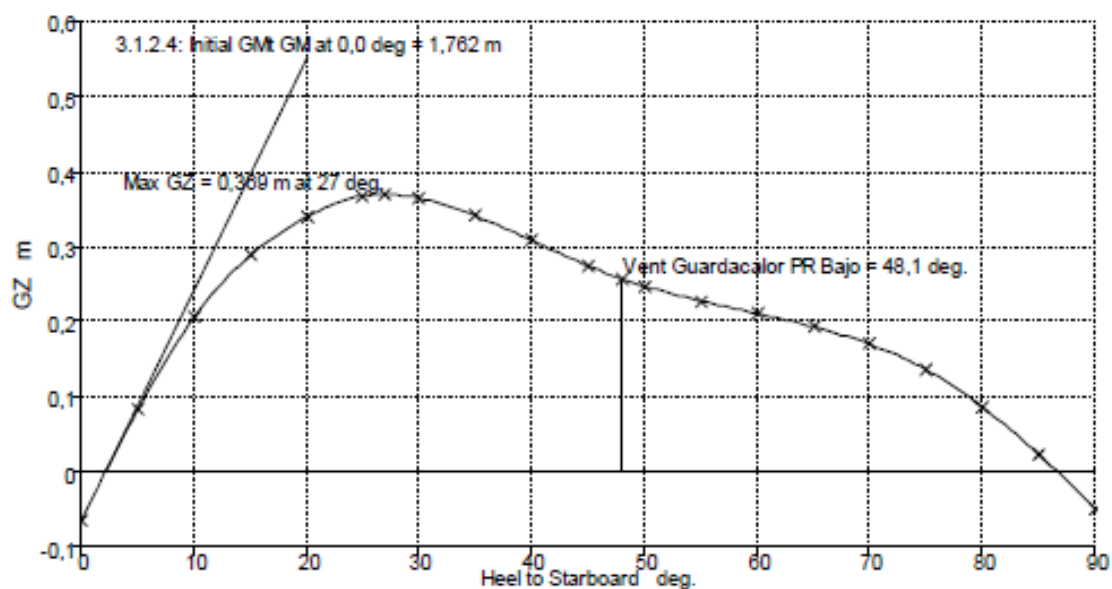


Ilustración 105: curva de estabilidad de la situación 3

Se cumplen todos los criterios de estabilidad para esta situación.



Situación de carga 4: Llegada a puerto, 20% de pesca, 10% consumos y provisiones

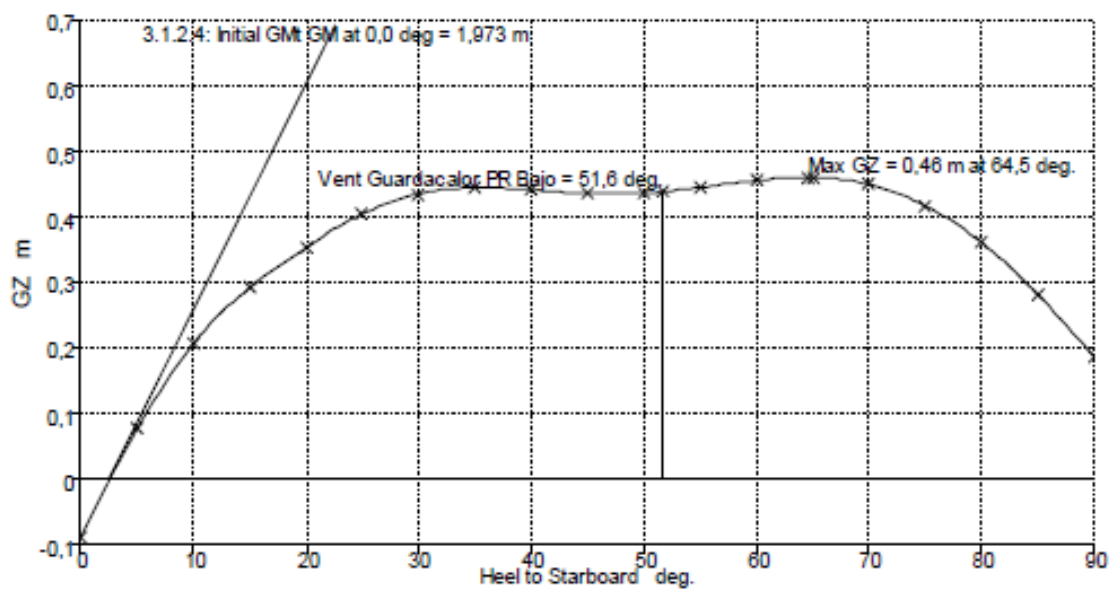


Ilustración 106: curva de estabilidad de la situación 4

Se cumplen todos los criterios de estabilidad para esta situación.



3. Eficiencia energética

3.1. Introducción

El sector pesquero se encuentra en una posición muy complicada en estos momentos, tanto a nivel nacional como internacional.

A nivel nacional es un factor muy importante a tener en cuenta, ya que la flota española es la más importante de la Unión Europea y una de las más importantes del mundo.

Esta situación es debida fundamentalmente por tres factores, como son:

- Reducción o limitación de las capturas
- Incremento del precio de combustible
- Mayores requerimientos medioambientales

En los últimos años el sector de la pesca se ha subido al tren de la investigación y el desarrollo con el objetivo de buscar soluciones al aumento del coste del combustible. Aun así va a cola de otros medios de transporte que ya llevan años trabajando en la reducción de sus costes y en el uso de energías alternativas como puede ser el ferroviario, aéreo o automovilístico.

En general los barcos de pesca han sido contruidos con la premisa de optimizar la producción entendida como “cantidad de pesca extraída”, sin priorizar la repercusión del diseño del buque en el consumo energético. Esto se ha debido en parte al bajo precio de antaño del gasóleo.

La evolución de los precios del petróleo, unido al estancamiento de los precios del pescado en primera venta, ha hecho reconsiderar el modelo productivo de la pesca extractiva y el coste energético ha pasado a convertirse en uno de los principales en la actividad del barco. Su repercusión está siendo tan importante que de una semana para otra se decide, en función del precio del gasóleo, la viabilidad de la siguiente marea del barco, es decir, si sale a pescar el barco o se queda en puerto.

En este trabajo se tratarán de reflejar las posibilidades de mejora energética que están disponibles y que son aplicables al barco estudiado, y que sean factibles técnicamente y abordables económicamente, para que el tiempo de amortización sea relativamente rápido y pueda resultar atractiva para el armador.



3.2. Estudio de los problemas

Como se ha comentado anteriormente, existen tres problemas en el sector pesquero, el más importante y que está haciendo a muchos armadores dejar sus barcos en puerto, es del precio del gasóleo.

El problema del gasóleo, unido a la contención de los precios en origen de las capturas, que se mantienen prácticamente constantes o incluso se han reducido.

Se ha de recordar que estamos estudiando la eficiencia energética de un pesquero de cerco, los armadores de este tipo de buques puede conocer el precio del carburante antes de salir a una marea pero no el precio de las capturas, la mayor parte de los pesqueros de España venden el pescado en subastas locales. El precio que recibe el armador por cada caja de pescado es muy variable, depende de las condiciones en las que el pescado llegue a la lonja, de la cantidad de pescado de la misma especie que llegue a las lonjas de las zonas próximas, de la demanda que haya en ese momento, etc.

Por estas dos razones los armadores deciden de un día para otro la viabilidad de la siguiente marea del barco.

Por otra parte, la incipiente normativa internacional sobre emisiones supone un reto para las empresas armadoras a la hora de adaptar sus buques a las normas existentes y a las que habrá que someterse en un corto plazo.

Estas tres razones son las culpables de que muchos armadores cierren sus empresas y están haciendo que el sector se vea reducido drásticamente en los últimos años. Por ello se van a estudiar de manera más extensa.



3.2.1. Precio del combustible

Las embarcaciones de pesca utilizan como combustible derivados del petróleo, principalmente gasóleo y gasolina en la flota artesanal.

El precio del barril de petróleo es el precio que se le da a un barril de petróleo, considerándose un barril como 159 litros de petróleo. Debido a las características actuales de la economía mundial el precio puede oscilar o variar en relación a los tiempos de prosperidad y niveles de consumo, la especulación, cantidad de reservas disponibles y acontecimientos sociales importantes, sobre todo los de aquellos países productores.

La tendencia del precio del crudo se presenta claramente alcista, y no hay indicios de que esto vaya a cambiar, teniendo en cuenta que los yacimientos son cada vez más escasos y el crudo debe ser extraído a mayor profundidad. No se deben olvidar además los condicionantes sociales, como las constantes revueltas que está sufriendo el mundo árabe y que afectan al suministro de crudo.

A lo largo de la historia los precios han oscilado dentro de un rango de los \$20 a \$150 dólares por barril aproximadamente.

Este incremento tan significativo ha hecho que el ahorro de combustible no pueda plantearse como un objetivo a largo plazo, sino como una necesidad inmediata, ya que lo contrario posiblemente supondrá una disminución considerable de la flota con la consiguiente pérdida de puestos de trabajo que lleva asociada.

La inestabilidad actual de los precios del petróleo y sus derivados y la dificultad de la predicción de su valor a largo plazo hacen que, al margen de otras acciones puntuales, sea necesario desarrollar una conciencia del ahorro y aprovechamiento energético tanto en el diseño como en la utilización del barco de pesca.

En el siguiente gráfico se puede observar el precio del barril de crudo desde 1998 a 2013, donde se ve la gran subida que se produjo entre 2007 y 2008 debido a la crisis económica que sufrimos. Hoy en día el precio se mantiene sobre los 76€ debido a diferentes factores sociales.

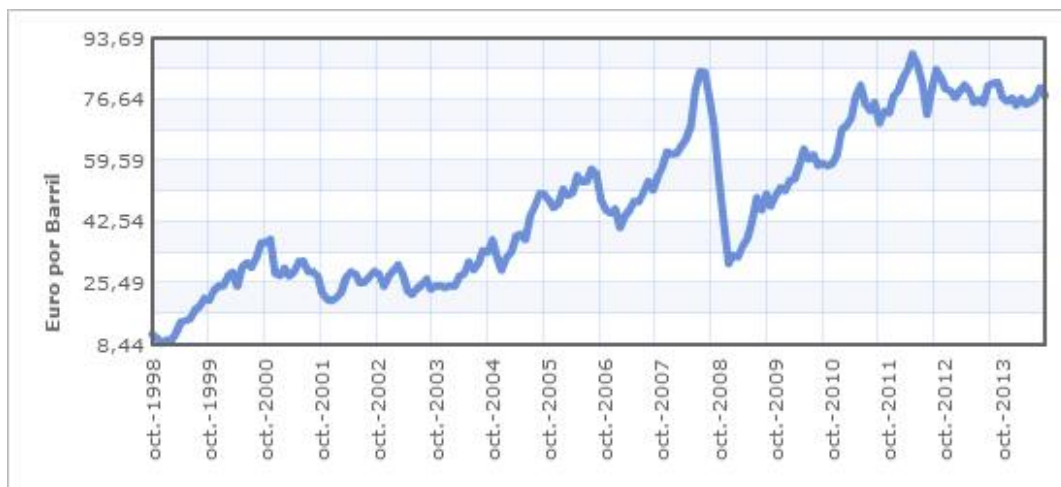


Ilustración 107: precio del barril de crudo de 1998 a 2013, fuente del World Bank



3.2.2. Requerimientos medioambientales

La incipiente normativa internacional sobre emisiones supone un reto para las empresas armadoras a la hora de adaptar sus buques a las normas existentes y a las que habrá que someterse en un corto plazo.

Tanto la normativa actual como la venidera se concentran en la regulación de CO₂, por su elevado volumen, y los NO_x y SO_x por sus posibles efectos dañinos colaterales.

El Anexo 13 de MARPOL, que recoge la resolución MEPC.176(58) contiene las modificaciones al Anexo VI, que entró en vigor el 1 de Julio de 2010. En ellas, además de introducirse a partir de esa fecha unos requerimientos más estrictos para los combustibles, se endurecen los niveles de emisión de NO_x.

Esta reducción de emisiones no pasa únicamente por la utilización de motores más eficientes y combustibles menos contaminantes, sino por un cambio en la utilización de la energía. Es necesario racionalizar su uso, comprendiendo el valor de la misma y ajustando su consumo de tal forma que, manteniendo los requerimientos de operación, se consiga mejorar la eficiencia energética del buque.



3.2.2.1. Principales contaminantes de los motores diesel

- **Óxidos de Nitrógeno (NOx):** El óxido de nitrógeno se forma como consecuencia de las altas temperaturas que se producen en la combustión. El N₂ del aire se disocia y recombina de modo incompleto formando NO y NO₂.
- **Óxidos de Azufre (SOx):** Estos óxidos se producen por la oxidación del azufre presente en el combustible. Su reducción se enfoca limitado el contenido de azufre de los combustibles.
- **Hidrocarburos sin quemar (HC):** Son compuestos como el Benzol, los Aldehídos o los aromáticos polinucleares que proceden de fracciones inquemadas del combustible.
- **Monóxido de Carbono (CO):** Es un producto intermedio del proceso de combustión de un hidrocarburo. En motores diesel es cuantitativamente despreciable debido al reducido dosado relativo.
- **Materia Particulada (PM):** Son las partículas de carbón causantes del humo de los gases de escape. Se producen como consecuencia de la deshidrogenación de las cadenas de hidrocarburo. Se eliminan empleando filtros de partículas.
- **Dióxido de Carbono (CO₂):** Es el principal subproducto de la combustión de un hidrocarburo, el segundo es el agua. Aunque es un gas inocuo, es un gas que produce efecto invernadero en la atmosfera. Su reducción solo se contempla mediante la reducción de consumo de combustible.

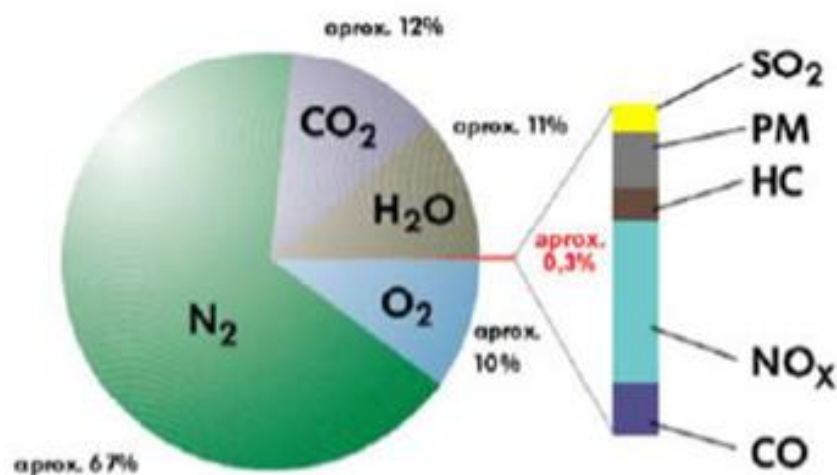


Ilustración 108: Principales contaminantes de los motores diesel

En la siguiente tabla se puede ver las limitaciones que se han marcado algunos países para cada gas contaminante.

Pais	Potencia Planta	NOx mg/m ³ N	COmg/m ³ N	HCmg/m ³ N	PMmg/m ³ N	SO ₂
ALEMANIA (TA-LUFT)	<3 MW	1000	300	-	20	-
	>3 MW	500	300	-	20	-
FRANCIA	2-20 MW	1500	650	150	100	-
	2-100 MW	1000	650	150	100	-
	>100 MW	600	650	150	100	-
ITALIA	<3 MW	4000	650	600	130	500
	>3 MW	2000	650	600	130	500
AUSTRIA	<750 kW	1000	650	-	20	
	>750 kW	250	150	-	20	
UN-ECE Gothenburg Protocol	Natural Gas	500	-	-	-	
	Heavy Fuel	600	-	-	-	
	Diesel Oil	500	-	-	-	

Ilustración 109: tabla limitación de emisiones por países



3.2.2.2. Principales métodos de reducción de emisiones

Los métodos de reducción de emisiones se pueden dividir en tres tipologías:

1. Tecnologías húmedas

- Emulsión de Agua-Combustible (FWE)

En la siguiente imagen se muestra los resultados de la adición de agua entre 0 y 100% y los resultados obtenidos en lo referente al NO_x, HC, CO y SFOC en función de la relación agua combustible.

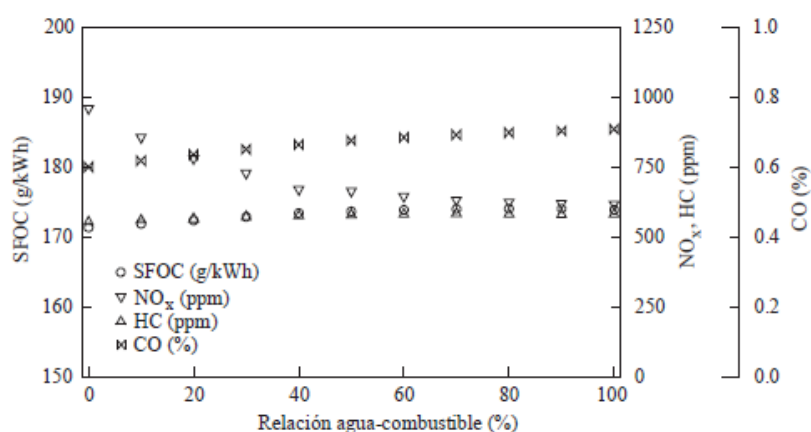


Ilustración 110: SFOC, NO_x, HC y CO en función de la proporción

Como se puede observar en la figura 5, la introducción de agua reduce el NO_x pero incrementa el CO, HC y SFOC (consumo específico de combustible). El agua absorbe energía por evaporación, incrementando el calor específico de los gases en el cilindro y reduce la concentración total de oxígeno, lo cual supone un incremento en el número de moles de gases que debe ser elevado a temperaturas de combustión para hacer reaccionar una cantidad dada de oxígeno con el combustible.

El agua también reduce la disponibilidad de oxígeno para las reacciones de formación de NO_x. El incremento de HC y CO es causado por las temperaturas más bajas, lo cual provoca combustiones más lentas y combustión parcial. El SFOC también se ve incrementado debido al pico de presión más bajo lo cual supone menos potencia generada.



- Humidificación Aire Aspiración (HAM)

Al enfriar el aire comprimido cuando pasa por el intercambiador lo humedece, esto produce un descenso de la temperatura en los cilindros al igual que en el caso de la emulsión agua-combustible.

Reduce las emisiones NO_x, pero no las de HC ni afecta al consumo.

2. Medidas internas

- **Proceso de combustión**

- Ciclo Miller (VVT)

Este proceso permite reducir la temperatura en el interior de los cilindros cerrando la válvula de admisión antes del PMI (punto muerto inferior).

Al reducir la temperatura se favorece la reducción de los gases NO_x, además de aumentar el rendimiento del motor por la reducción de pérdidas de calor.

- **Sistema de inyección**

- Modificación del avance de inyección

El ángulo de inyección condiciona las prestaciones del motor a nivel de consumo y además puede reducir la emisión de gases. Retardando la inyección se disminuye el tiempo de retraso (tiempo que transcurre entre la inyección y la aparición de la llama) y aumenta el rendimiento del motor.

- Common Rail

El common Rail es un sistema electrónico de inyección de combustible para motores diesel de inyección directa en el que el gasóleo es aspirado directamente del depósito de combustible a una bomba de alta presión y ésta a su vez lo envía a un conducto común para todos los inyectores y por alta presión al cilindro.

Este sistema permite variar la secuencia de inyección, se pueden hacer pre-inyecciones y post-inyecciones para optimizar el proceso de combustión, se consigue un mejor comportamiento a carga parcial y menor complejidad mecánica que en el sistema convencional.



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

- Motores Duales (gas natural/gasoil)

Una tecnología que permite a los motores diesel funcionar principalmente con gas natural podría suponer una forma económica de que los ferrocarriles y las compañías de navegación cambien sus enormes sistemas de transporte y se pasen al gas natural.

El gas natural está compuesto principalmente de metano, siendo menos denso que el aire. Para su transporte se adoptan dos estrategias diferenciadas. Por un lado, la compresión en tanques a temperatura ambiente (a presiones de hasta 240 atm) y por otro, el transporte refrigerado a unos -160 °C en tanques criogénicos, a presiones de hasta 15 atm.

La reducción de volumen que se obtiene mediante la compresión es mucho menor que en el caso de tanques refrigerados, y por lo tanto la cantidad de gas que se puede transportar de este modo, en tanques de igual volumen, es muy inferior. Si a esto unimos que los tanques deben ser mucho más resistentes, y por tanto pesados, puede apreciarse que en el caso del gas natural, la refrigeración es el método de almacenaje más apropiado para su uso en buques.

El Gas Licuado de Petróleo (GLP), es principalmente una mezcla de butano y propano, más densa que el aire y que se almacena a presión en estado líquido, a unas 15 atm.

En ambos casos existen dos claras ventajas frente a los combustibles tradicionales. Por un lado, en este momento ambos son más económicos que el gasóleo y la gasolina, y por otro, sus emisiones atmosféricas, y por lo tanto su influencia en el deterioro del medio ambiente, son mucho menores.

Sin embargo, y por tratarse de combustibles gaseosos, presentan unos requerimientos de seguridad mayores y por tanto, una instalación sensiblemente más compleja, especialmente en el caso de los buques de mayor tamaño.

Aunque poseen unas características energéticas similares a las del gasóleo utilizado hasta ahora en la propulsión de buques pesqueros pequeños y medianos, el rendimiento de los motores con combustible gaseoso es ligeramente inferior a los que utilizan combustibles tradicionales.

Dado su carácter gaseoso, su instalación en buques precisa de un detallado análisis previo. Por un lado, su almacenaje no puede realizarse en los tanques estructurales en los que normalmente se dispone el gasóleo, y deben utilizarse tanques independientes situados adecuadamente dentro del buque. Por otro lado, los sistemas de control y seguridad, detección de gas y de incendios, son más complejos que en el caso de un buque convencional.

Hasta el momento, y motivado en gran parte por los factores anteriormente mencionados, la utilización de este tipo de combustibles no ha sido realizada en buques de pesca de mediano y gran tamaño, aunque, existen experiencias piloto para su uso en embarcaciones menores.



Sin embargo, la aplicación del GNL como combustible sí se ha realizado con éxito en buques de otro tipo, tanto mercantes como de pasaje, obteniendo ahorros en el combustible y, principalmente, mejoras medioambientales. Esta alternativa normalmente se utiliza junto con un sistema de propulsión diésel-eléctrico, en la que los motores generadores utilizan como combustible GNL exclusivamente, o bien indistintamente GNL o gasóleo (motores duales), aunque también se utiliza la alternativa tradicional con línea de ejes, siendo el motor propulsor de alguno de estos tipos. En el caso del GLP, en parte debido a su mayor peligrosidad, mayor coste y menor reducción de las emisiones en comparación con el GNL, aún no se ha introducido como combustible para propulsión.

Tal cambio podría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que el gas natural emite entre un 15% y un 20% menos de dióxido de carbono al quemarse que el diesel. También podría ahorrar dinero a los transportistas y bajar el coste de las mercancías vendidas, puesto que el *boom* del gas natural en Estados Unidos ha hecho que sea mucho más barato que el diesel.

Además de reducir las emisiones de NOx se reducen las de CO₂ en modo gas un 20% y las de SO₂ en un 99%.

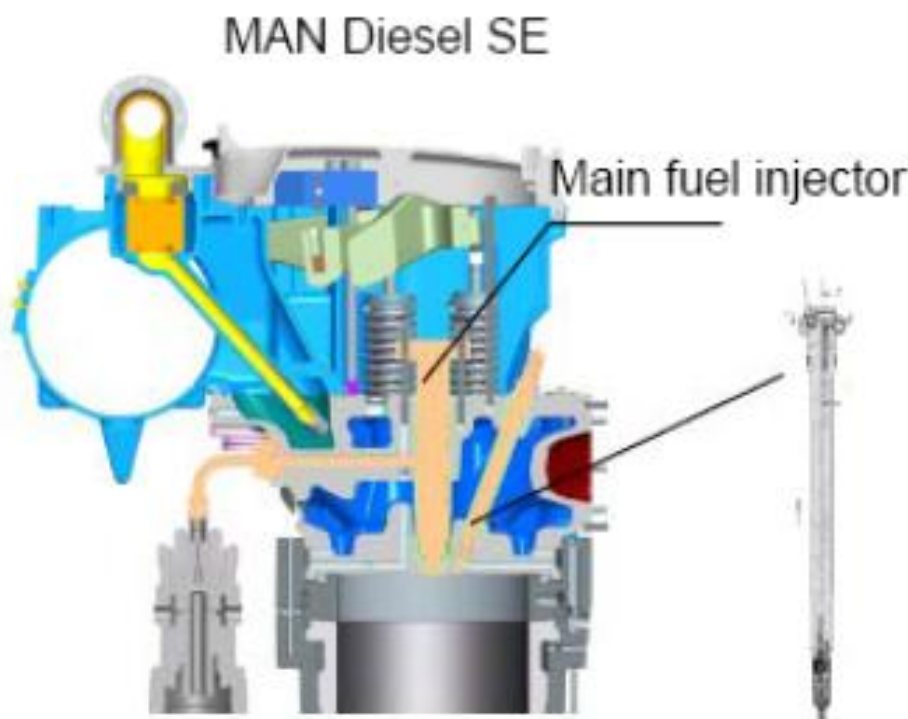


Ilustración 111: detalle culata de un motor dual MAN

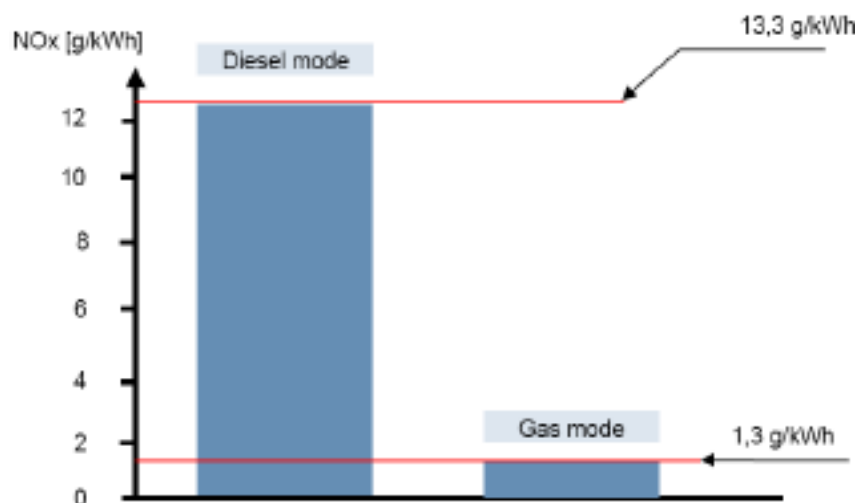


Ilustración 112: gráfico comparativo emisiones NOx en diesel y gas

- Aire de carga

- Recirculación de gases de escape

Esta modificación consiste en recircular los gases de escape, introduciéndolos en los gases de admisión, después de haberlos enfriado y filtrado.

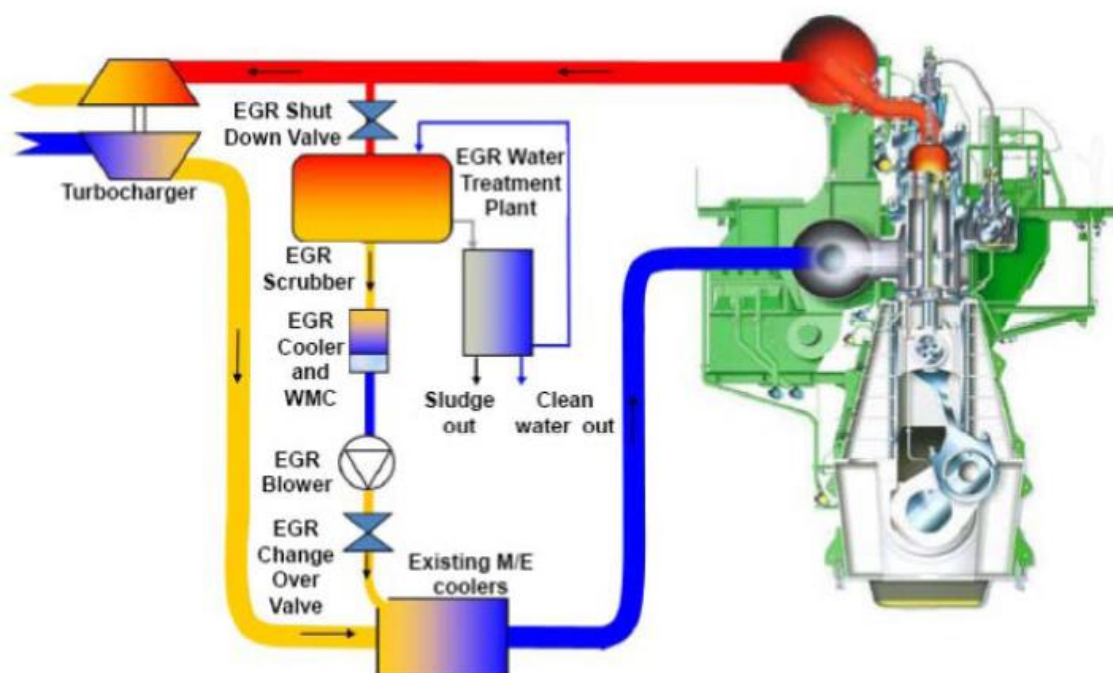


Ilustración 113: Gráfico recirculación de gases de escape



3. Tratamiento de gases de escape después del motor

- Reducción catalítica selectiva

Los hidrocarburos (HC) y el monóxido de carbono (CO) antes de ser expulsados por el escape, son convertidos en dióxido de carbono y vapor de agua. Los óxidos de nitrógeno (NOx) son disociados en Nitrógeno molecular (N₂), principal constituyente de aire atmosférico, y oxígeno O₂.

En el gráfico se puede comprar la eficiencia de cada una de las medidas que se pueden tomar para reducir los gases de exhaustación del motor diesel del buque.

	Internal Measures	Fuel Switch	FWE	HAM	Gas Fuelled Engines	Wet Scrubber
NO _x	20-40%	-	20-30%	40(-65)%	85%	-
CO ₂	-	-	-	-	20%	-
PM	↓	↓	↓	-	↓	↓
Visible Smoke	↓	↓	-	↑	↓	↑
SO _x	-	↓	-	-	99%	90-95%
Others	-	-	-	-	-	-

Ilustración 114: comparación de prestaciones



3.2.3. Consecuencias

La fluctuación del precio de combustible (que es uno de los gastos de producción más elevados) junto con el desconocimiento del precio de la venta, el cual en muchas ocasiones hace que el armador pierda dinero en una marea, hace que las empresas pesqueras y sobretodo pequeños armadores estén sometidos a una constante incertidumbre difícil de sobrellevar en términos de gestión y de viabilidad.

El bajo precio en primera venta del pescado implica en una gran mayoría de las ocasiones que los márgenes de beneficio sean muy reducidos. No es infrecuente llegar a arrastrar pérdidas que tendrán que ser compensadas en futuras mareas, esperando un mejor precio de la pesca y un descenso del precio de combustible.

En el siguiente gráfico se puede comprobar cómo en un mismo año puede variar el precio de 0,558€/kg a principios del año 2011, hasta 0,676€/kg a finales de año. Los datos han sido extraídos de un artículo del periódico “La Opinión” de Galicia.



Ilustración 115: precio del gasoil en 2011 de la flota pesquera gallega

Estos hechos tienen repercusión directa en la viabilidad de las empresas pesqueras, que se enfrentan a grandes dificultades para garantizar su rentabilidad. En los últimos años una parte de las empresas productoras han optado por la paralización temporal e incluso definitiva, mediante el desguace, de los buques de pesca.



El cierre de las empresas pesqueras está teniendo repercusiones de elevada importancia en la economía a nivel global pero principalmente a escala local de manera directa o indirecta, a través del resto de empresas ligadas al sector y de las que dependen muchos empleos: marineros, empresas auxiliares como talleres mecánicos, empresas de efectos navales, de alimentación, etc. Este hecho es especialmente significativo en las pequeñas localidades costeras cuya economía depende principalmente de la pesca, donde el riesgo de despoblación por la disminución de esta actividad es muy elevado.

En la siguiente tabla se puede ver la reducción de personal que ha sufrido el sector en estos últimos años, la tabla ha sido extraída de la pagina web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Se puede comprobar cómo de 2002 a 2008 se fue reduciendo el número de personas dedicadas a este sector, y a partir de 2008 se mantuvo alrededor de 33000 empleados.

Muy significativa la diferencia entre 2002 y 2011, donde la cifra se ve reducida prácticamente a la mitad.



Años	Concepto	MAGRAMA
2002	Pesca marítima	60.560
	Acuicultura	7.059
	Pesca + Acuicultura (*)	67.639
2003	Pesca marítima	52.973
	Acuicultura	7.760
	Pesca + Acuicultura	60.733
2004	Pesca marítima	46.310
	Acuicultura	7.445
	Pesca + Acuicultura	53.755
2005	Pesca marítima	42.734
	Acuicultura	6.587
	Pesca + Acuicultura	49.321
2006	Pesca marítima	33.387
	Acuicultura	6.903
	Pesca + Acuicultura	40.290
2007	Pesca marítima	35.258
	Acuicultura	7.650
	Pesca + Acuicultura	42.908
2008	Pesca marítima	31.386
	Acuicultura	6.608
	Pesca + Acuicultura	37.994
2009	Pesca marítima	36.707
	Acuicultura	6.170
	Pesca + Acuicultura	42.877
2010	Pesca marítima	35.076
	Acuicultura	6.377
	Pesca + Acuicultura	41.453
2011	Pesca marítima	33.213
	Acuicultura	6.639
	Pesca + Acuicultura	39.851
2012	Pesca marítima	31.438
	Acuicultura	5.743
	Pesca + Acuicultura	37.181

Ilustración 116: datos generales de empleo en pesca y acuicultura

Estas empresas tienen muy poco margen de elección a la hora de elaborar una estrategia empresarial adecuada pues, como se ha explicado, su rentabilidad depende del precio del petróleo el día en que se haga provisión de combustible, y del precio que alcance el producto en la lonja.

Para disfrutar del estilo de vida del que estamos disfrutando hoy en día es necesario un gran consumo de energía procedente de fuentes fósiles, este gran consumo no sólo tiene consecuencias económicas, sino que, además, tiene un coste ambiental y social muy elevado en términos de perjuicios a la salud humana y al entorno.



En el gráfico se puede comprobar cómo ha aumentado en los últimos treinta años el consumo mundial de energía, es especial el del petróleo, que se puede decir que se ha triplicado.

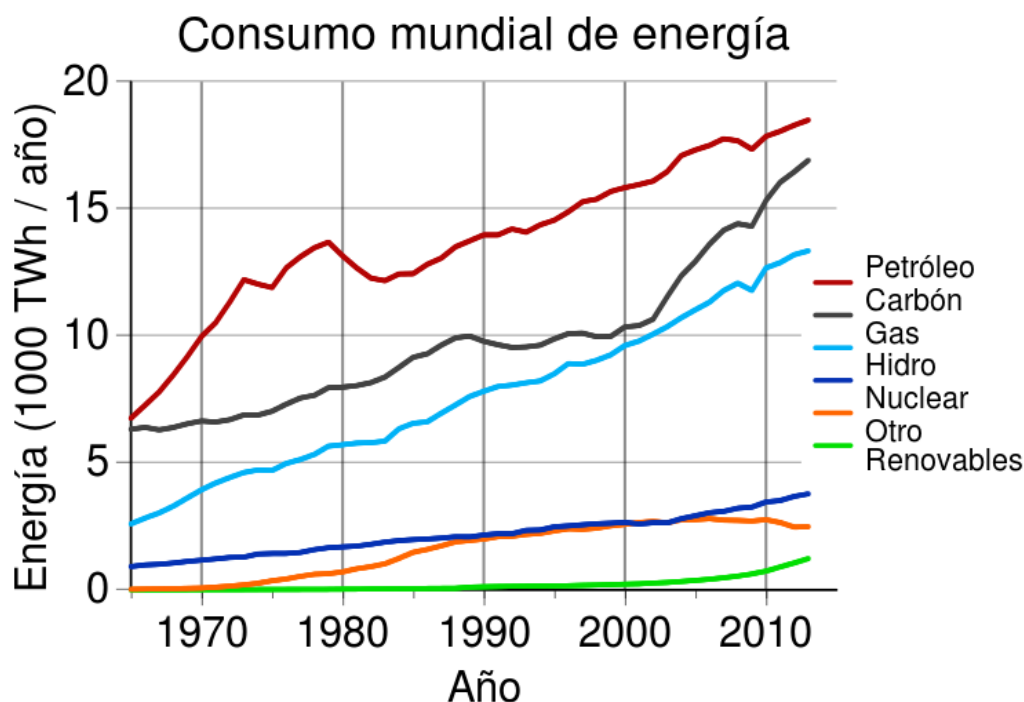


Ilustración 117: consumo mundial de energía

El incremento del nivel del mar, de los incendios forestales y sequías, la pérdida de hábitats y de recursos, entre otros, hacen que estemos dejaremos en herencia una hipoteca a varias generaciones cuya carga será difícilmente soportable por unos recursos esquilados. Es imprescindible incrementar la eficiencia energética en todos los sectores (también el pesquero) a fin de ahorrar energía, una necesidad incuestionable a día de hoy.

Es necesario que el sector pesquero se posicione en el uso de otras energías para no tener que paralizar su actividad.



3.2.4. Estadísticas

A continuación se van a mostrar el número de pesqueros de arrastre y de cerco desde 2006 a 2013, los datos se han extraído del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Año 2006		TIPO DE PESCA			
CALADERO		Arrastre		Cerco	
Por grandes zonas	Por censos de modalidad	Nº Buques	Eslora Total (promedio)	Nº Buques	Eslora Total (promedio)
Aguas Caladero Nacional	Cantábrico-noroeste	133	28,09	331	22,20
	Mediterráneo	945	20,27	317	17,23
	Golfo de Cádiz	210	18,46	107	16,09
	Canarias			15	12,92
	cualquier zona				
	Total	1.288	20,78	770	19,12
Aguas fuera de Caladero Nacional	Atlántico, aguas comunitarias no españolas	140	32,94		
	Atlántico norte	44	56,88		
	Aguas internacionales y terceros países	122	38,02		
	Aguas internacionales			33	80,21
	Total	306	38,41	33	80,21
Total general		1.594	24,17	803	21,63

FUENTE: Datos del Censo de Flota Pesquera Operativa a 31 de diciembre de 2006

Se han considerado "operativos" aquellos buques que en la fecha de referencia estaban, en la lista tercera en situación de activos y asignados a un censo de modalidad de pesca

NOTA: Unidad de medida de eslora: metros



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

Año 2007		TIPO DE PESCA			
CALADERO		Arrastre		Cercos	
Por grandes zonas	Por censos de modalidad	Nº Buques	Eslora Total (promedio)	Nº Buques	Eslora Total (promedio)
Aguas Caladero Nacional	Cantábrico-noroeste	127	28,07	316	22,34
	Mediterráneo	915	20,38	299	17,30
	Golfo de Cádiz	182	18,52	108	16,17
	Canarias			15	12,92
	cualquier zona				
	Total	1.224	20,90	738	19,20
Aguas fuera de Caladero Nacional	Atlántico, aguas comunitarias no españolas	132	32,86		
	Atlántico norte	38	57,16		
	Aguas internacionales y terceros países	115	38,14		
	Aguas internacionales			36	77,79
	Total	285	38,23	36	77,79
Total general		1.509	24,17	774	21,93

FUENTE: Datos del Censo de Flota Pesquera Operativa a 31 de dic de 2007

Se han considerado "operativos" aquellos buques que en en fecha de referencia estaban, en la lista tercera en situación de activos y asignados a un censo de modalidad de pesc

NOTA: Unidad de medida de eslora: metros



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

Año 2008		TIPO DE PESCA			
CALADERO		Arrastre		Cercos	
Por grandes zonas	Por censos de modalidad	Nº Buques	Eslora Total (promedio)	Nº Buques	Eslora Total (promedio)
Aguas Caladero Nacional	Cantábrico-noroeste	124	28,01	306	22,34
	Mediterráneo	840	20,43	277	17,54
	Golfo de Cádiz	165	18,64	101	16,40
	Canarias			13	13,21
	Cualquier zona				
	Total	1.129	21,00	697	19,40
Aguas fuera de Caladero Nacional	Atlántico, aguas comunitarias no españolas	127	32,91		
	Atlántico norte	38	57,16		
	Aguas internacionales y terceros países	108	38,56		
	Aguas internacionales			36	77,79
	Total	273	38,52	36	77,79
Total general		1.402	24,41	733	22,27

FUENTE: Datos del Censo de Flota Pesquera Operativa a 31 de dic de 2008

Se han considerado "operativos" aquellos buques que en en fecha de referencia estaban, en la lista tercera en situación de activos y asignados a un censo de modalidad de pesc

NOTA: Unidad de medida de eslora: metros



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

Año 2009		TIPO DE PESCA			
CALADERO		Arrastre		Cercos	
Por grandes zonas	Por censos de modalidad	Nº Buques	Eslora Total (promedio)	Nº Buques	Eslora Total (promedio)
Caladero Nacional	Cantábrico-noroeste	117	28,05	304	22,37
	Mediterráneo	797	20,42	274	17,92
	Golfo de Cádiz	159	18,75	97	16,45
	Canarias			14	13,12
	Cualquier zona				
	Total	1.073	21,00	689	19,58
Caladeros UE	Atlántico, aguas comunitarias no españolas	122	32,80		
	Total	122	32,80		
Caladeros Internacionales	Atlántico Norte	34	57,56		
	Aguas Internacionales y terceros países	102	38,62		
	Aguas Internacionales			33	81,66
	Total	136	43,36	33	81,66
Sin Caladero Asociado	Sin Modalidad Asignada				
	Total				
Total general		1.331	24,37	722	22,42

FUENTE: Datos del Censo de Flota Pesquera Operativa a 31 de dic de 2009

Se han considerado "operativos" aquellos buques que en en fecha de referencia estaban, en la lista tercera en situación de activos y asignados a un censo de modalidad de pesc

NOTA: Unidad de medida de eslora: metros



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

Año 2010		TIPO DE PESCA			
CALADERO		Arrastre		Cercos	
Por grandes zonas	Por censos de modalidad	Nº Buques	Eslora Total (promedio)	Nº Buques	Eslora Total (promedio)
Caladero Nacional	Cantábrico-noroeste	111	28,14	294	22,34
	Mediterráneo	743	20,41	266	18,04
	Golfo de Cádiz	149	18,85	92	16,56
	Canarias			14	13,12
	Cualquier zona				
	Total	1.003	21,03	666	19,63
Caladeros UE	Atlántico, aguas comunitarias no españolas	102	33,09		
	Total	102	33,09		
Caladeros Internacionales	Atlántico Norte	32	57,50		
	Aguas Internacionales y terceros países	91	39,10		
	Aguas Internacionales			33	81,66
	Total	123	43,89	33	81,66
Sin Caladero Asociado	Sin Modalidad Asignada				
	Total				
Total general		1.228	24,32	699	22,56

FUENTE: Datos del Censo de Flota Pesquera Operativa a 31 de diciembre de 2010

Se han considerado "operativos" aquellos buques que en la fecha de referencia estaban, en la lista tercera en situación de activos y asignados a un censo de modalidad de pesca.

NOTA: Unidad de medida de eslora: metros



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

Año 2011		TIPO DE PESCA			
Caladero		Arrastre		Cercos	
Por grandes zonas	Por censos de modalidad	Nº Buques	Eslora Total (promedio)	Nº Buques	Eslora Total (promedio)
Caladero Nacional	Cantábrico-noroeste	101	28,37	284	22,40
	Mediterráneo	703	20,45	252	18,11
	Golfo de Cádiz	147	18,82	89	16,59
	Canarias			13	13,12
	Cualquier zona				
	Total	951	21,04	638	19,71
Caladeros UE	Atlántico, aguas comunitarias no españolas	86	33,07		
	Total	86	33,07		
Caladeros Internacionales	Atlántico Norte	31	57,54		
	Aguas Internacionales y terceros países	91	39,02		
	Aguas Internacionales			32	82,28
	Total	122	43,72	32	82,28
Sin Caladero Asociado	Sin Modalidad Asignada				
	Total				
Total general		1.159	24,32	670	22,69

FUENTE: Datos del Censo de Flota Pesquera Operativa a 31 de diciembre de 2011

Se han considerado "operativos" aquellos buques que en en fecha de referencia estaban, en la lista tercera en situación de activos y asignados a un censo de modalidad de pesc

NOTA: Unidad de medida de eslora: metros



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

Año 2012		TIPO DE PESCA			
Caladero		Arrastre		Cercos	
Por grandes zonas	Por censos de modalidad	Nº Buques	Eslora Total (promedio)	Nº Buques	Eslora Total (promedio)
Caladero Nacional	Cantábrico-noroeste	99	28,41	280	22,49
	Mediterráneo	680	20,43	249	18,11
	Golfo de Cádiz	142	18,77	88	16,62
	Canarias			13	13,12
	Cualquier zona				
	Total	921	21,04	630	19,74
Caladeros UE	Atlántico, aguas comunitarias no españolas	74	33,06		
	Total	74	33,06		
Caladeros Internacionales	Atlántico Norte	30	57,62		
	Aguas Internacionales y terceros países	78	39,71		
	Aguas Internacionales			32	82,28
	Total	108	44,69	32	82,28
Sin Caladero Asociado	Sin Modalidad Asignada				
	Total				
Total general		1.103	24,16	662	22,76

FUENTE: Datos del Censo de Flota Pesquera Operativa a 31 de diciembre de 2012

Se han considerado "operativos" aquellos buques que en la fecha de referencia estaban, en la lista tercera en situación de activos y asignados a un censo de modalidad de pesca

NOTA: Unidad de medida de eslora: metros



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

Año 2013					
Caladero		Arrastre		Cercos	
Por grandes zonas	Por censos de modalidad	Nº Buques	Eslora Total (promedio)	Nº Buques	Eslora Total (promedio)
Caladero Nacional	Cantábrico-noroeste	98	28,42	277	22,42
	Mediterráneo	669	20,40	242	18,16
	Golfo de Cádiz	142	18,77	86	16,71
	Canarias			13	13,12
	Cualquier zona				
	Total	909	21,01	618	19,76
Caladeros UE	Atlántico, aguas comunitarias no españolas	70	32,89		
	Total	70	32,89		
Caladeros Internacionales	Atlántico Norte	27	57,83		
	Aguas Internacionales y terceros países	67	40,44		
	Aguas Internacionales			32	82,28
	Total	94	45,43	32	82,28
Sin Caladero Asociado	Sin Modalidad Asignada				
	Total				
Total general		1.073	23,93	650	22,84

FUENTE: Datos del Censo de Flota Pesquera Operativa a 31 de diciembre de 2013

Se han considerado "operativos" aquellos buques que en en fecha de referencia estaban, en la lista tercera en situación de activos y asignados a un censo de modalidad de pesc

NOTA: Unidad de medida de eslora: metros



No hay que fijarse demasiado para comprobar la línea descendente que siguen tanto los arrastreros y los pesqueros de cerco, nacionales e internacionales. A continuación se muestran unos gráficos mostrando las flotas de arrastreros y de cerco, donde se puede apreciar el descenso de la flota española, tanto la que trabaja en aguas nacionales como internacionales. Las embarcaciones de cerco han sufrido una menor disminución que las de arrastre, esto apunta a que el precio del combustible es decisivo para estas embarcaciones, ya que las de arrastre tienen un mayor gasto de combustible.

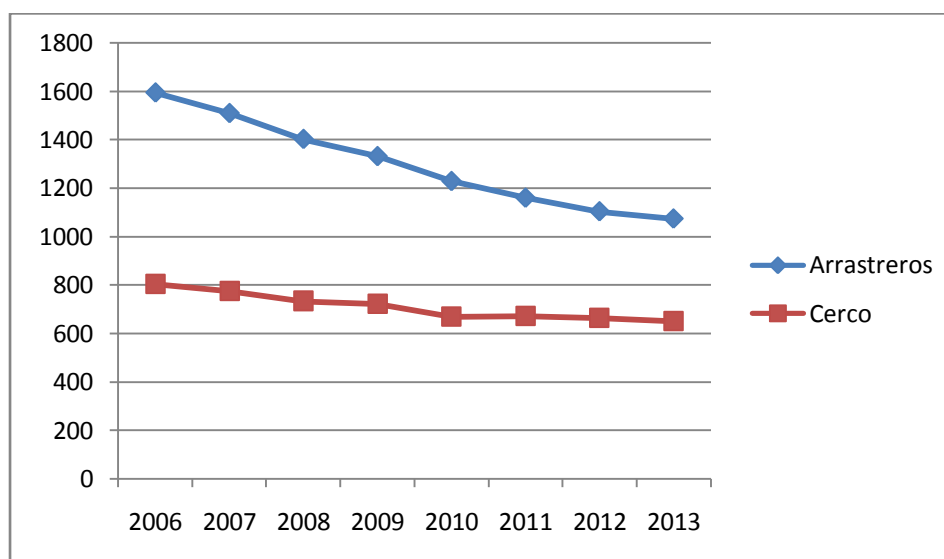


Ilustración 118: gráfico número de buques trabajando en aguas nacionales

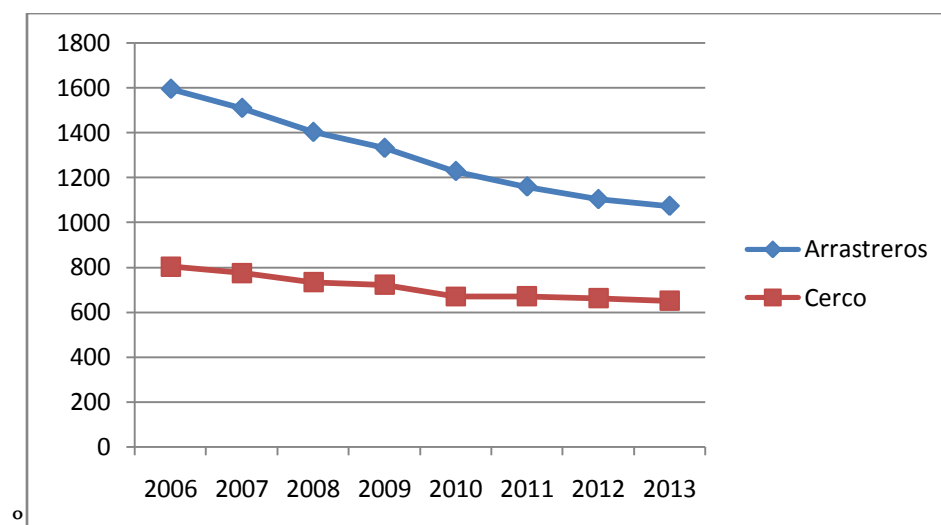


Ilustración 119: gráfico número de buques trabajando en aguas nacionales e internacionales



3.3. Objetivo

Dado que el consumo de combustible representa la partida más importante en los costes de explotación del tipo de buque a estudio, el objetivo primordial del proyecto ha sido el proponer soluciones de mejora de la eficiencia energética que puedan ser aplicadas de forma económica por el buque.

El objetivo de reducción del consumo a través de una mayor eficiencia energética, es dual ya que, junto a la componente de ahorro económico, conlleva un objetivo ecológico igualmente importante, que es la reducción de todo tipo de emisiones contaminantes, lo que supone una importante contribución a la mejora del medio ambiente.

Los objetivos generales de la PPC están enunciados en el Artículo 33 del Tratado y quedaron reformulados en el Reglamento (CE) no 2371/2002, de 20 de diciembre de 2002, sobre la conservación y la explotación sostenible de los recursos pesqueros en virtud de la Política Pesquera Común, como: “La explotación sostenible de los recursos acuáticos vivos y de la acuicultura, en el contexto de un desarrollo sostenible, y teniendo en cuenta de manera equilibrada los aspectos medioambientales, económicos y sociales.

La situación creada, por los sucesivos incrementos de los precios del gasoil, que se iniciaron a partir de la primavera de 2004 y desembocaron en la crisis de primavera-verano de 2008, produjo graves y generalizadas dificultades económicas y sociales en todo el sector pesquero, y llevó a la UE a la aprobación del Reglamento 744 de 24 de julio de 2008, por el que se establece una acción específica temporal para promover la reestructuración de las flotas pesqueras de la Comunidad Europea afectadas por la crisis económica.

En el mismo se establecían medidas temporales para fomentar nuevas técnicas de pesca que consuman menos energía, así como la posibilidad de contribuir con fondos comunitarios a acciones colectivas para la realización de auditorías energéticas de grupos buques.

Se va a realizar pues, una auditoria energética, con el objetivo de encontrar mejoras en la eficiencia energética del buque, pensando en la antigüedad del mismo, por lo que se intentará ofrecer mejoras a medio plazo que el armador pueda amortizar antes del desguace del barco.



3.4. Equipos

Antes de hacer cualquier estudio de eficiencia energética se debe conocer bien los equipos y servicios de los que dispone el buque. En este apartado se estudiarán las características de los equipos del buque y los diferentes circuitos de los que dispone, tanto hidráulicos como eléctricos.

3.4.1. Motor principal

El motor principal es marca “Caterpillar”, modelo 3412- E. Se trata de un motor diesel de cuatro tiempos con 12 cilindros, que obtiene un BHP de 720CV, con unas revoluciones nominales de 180 rpm, y según el fabricante tiene un consumo de 134,8 litros/hora.

En la imagen posterior se ha marcado con un cuadro rojo las características del motor, extraídas de la web de “Caterpillar Marine”.

RATINGS AND FUEL CONSUMPTION							EPA	EU
	mhp	bhp	bkW	rpm	U.S. g/h	l/hr	regs.	regs.
A	431	425	317	1200	20.7	78.3	NC	RCD
A	482	475	354	1200	23.1	87.4	NC	RCD
A	510	503	375	1800	26.2	99.3	NC	RCD
A	548	540	403	1800	27.9	105.8	NC	RCD
A	608	600	448	1800	30.6	115.7	NC	RCD
A	624	615	459	1800	31.2	118.1	NC	RCD
A	644	635	474	1800	32.1	121.4	NC	RCD
A	659	650	485	1800	32.7	123.9	NC	RCD
B	730	720	537	1800	35.6	134.8	NC	RCD
B	763	752 ¹	561	2100	37.8	143.1	E	RCD
B	862	850 ¹	634	2100	42.1	159.4	E	RCD
B	938	925 ¹	690	2100	45.4	171.9	E	RCD
C	763	752	561	2100	37.8	143.1	E	RCD
C	763	752	561	2300	38.2	144.6	E	RCD
C	811	800	597	2300	40.4	152.9	E	RCD
C	836	825	615	2100	41.0	155.2	E	RCD
C	862	850	634	2300	42.7	161.6	E	RCD
C	913	900	671	2300	45.2	171.1	E	RCD
C	1015	1000 ¹	746	2100	48.6	184.0	E	RCD
C	1015	1000 ¹	746	2300	50.3	190.4	E	RCD
C	1115	1100 ¹	821	2300	55.5	210.1	E	RCD

¹Fast craft ratings.

	LE	H	WE
min.	71.7 in/1822 mm	52.3 in/1328 mm	53.3 in/1354
max.	75.3 in/1913 mm	63.8 in/1621 mm	56.9 in/1444

Vee 12, 4-Stroke-Cycle Diesel

Aspiration	TA, TTA	
Bore x Stroke	5.4 x 6.0 in	137 x 152 mm
Displacement	1648 cu in	27.0 liter
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise	
Engine dry weight (approx)	5585-6257 lb	2533-2838 kg

Ilustración 120: características motor principal



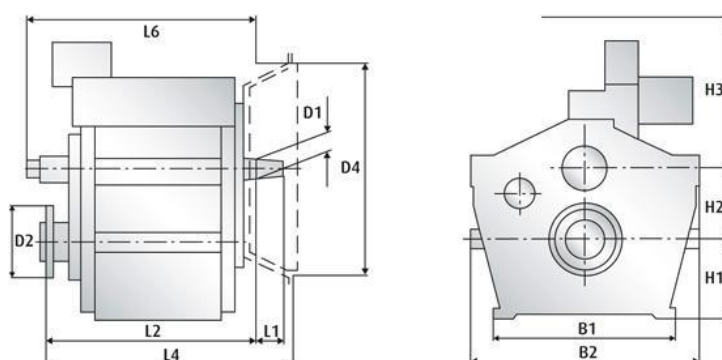
3.4.2. Reductora

La reductora acoplada al motor principal es de la marca “Reintjes”, modelo WAF 363. Tiene dos relaciones de velocidades, 6,5:1 o 5,5:1.

De la web del fabricante se han extraído las dimensiones de la reductora y se ha comprobado que es adecuada para este motor. Se considera que el modelo es 364, ya que no fabrican el 363, pero tiene las mismas características.

WAF/LAF 164 – 464

Reverse-reduction
gearbox with hydraulically
operated clutches
Vertically offset



Gearbox WAF/LAF	Main Dimensions (mm)													Weight kg ¹⁾	
	B1	B2	D1	D2	D4 SAE 1 Norm	D4 SAE 0 Norm	H1	H2	H3	L1	L2	L4 SAE 0 Norm	L6	WAF	LAF
164	505	660	55	285	511.2	647.7	315	290	370	70	595	655	685	525	475
244	530	640	55	240	511.2	647.7	240	215	355	70	560	625	685	455	405
264	540	670	55	285	511.2	647.7	345	315	365	70	595	660	685	700	650
274	700	830	55	325	511.2	647.7	420	380	365	70	600	665	690	725	675
344	570	720	60	285	511.2	647.7	265	250	395	80	645	750	740	730	640
364	580	750	60	325	511.2	647.7	380	345	415	80	665	775	755	810	740
374	800	930	60	325	511.2	647.7	460	410	430	80	670	775	860	1200	1130
444	495	740	75	300	511.2	647.7	285	270	505	95	720	820	810	760	695
464	575	800	75	325	511.2	647.7	400	375	510	95	725	825	810	940	880

1) Gearbox standard design (dry). Dimensions and weights not strictly binding.

Ilustración 121: dimensiones reductora



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

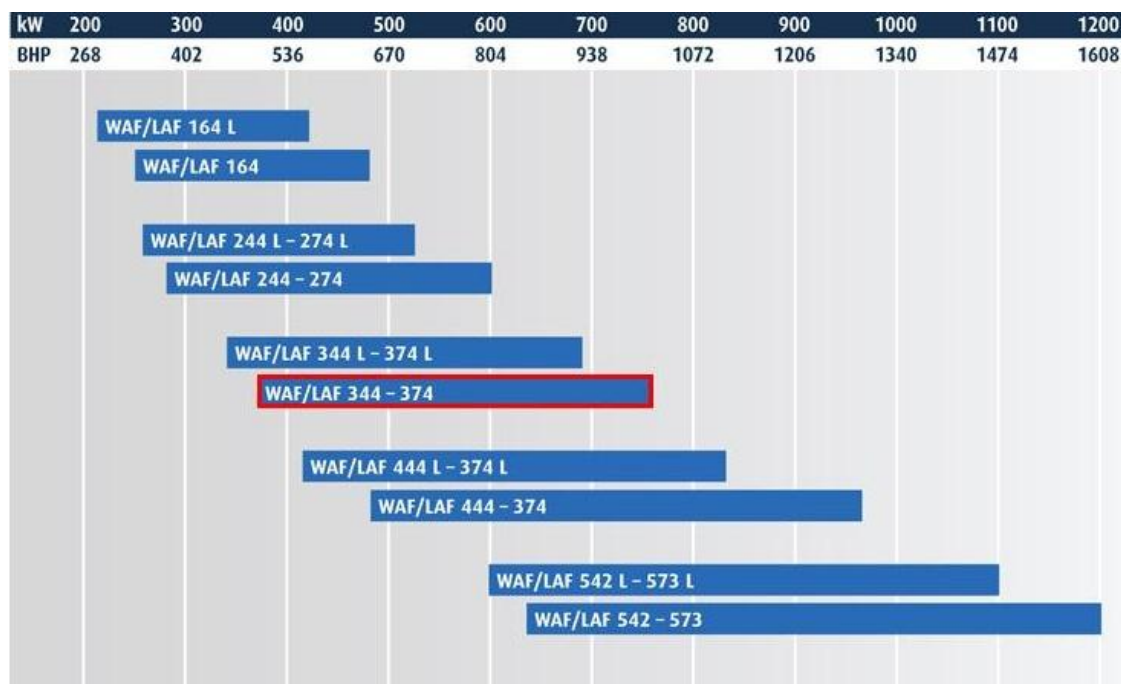


Ilustración 122: rango de potencia de la reductora



3.4.3. Reductora extremo GKS y acoplador de bombas

Se ha instalado una reductora y un acoplador de bombas en el extremo GKS del motor principal para el accionamiento de los diferentes equipos hidráulicos mediante bombas hidráulicas.

La PTO (Power Take Off) traslada el movimiento rotatorio del cigüeñal al acoplador de bombas.

A continuación se muestra la chapa identificativa de la PTO para poder seleccionar el modelo instalado en el buque

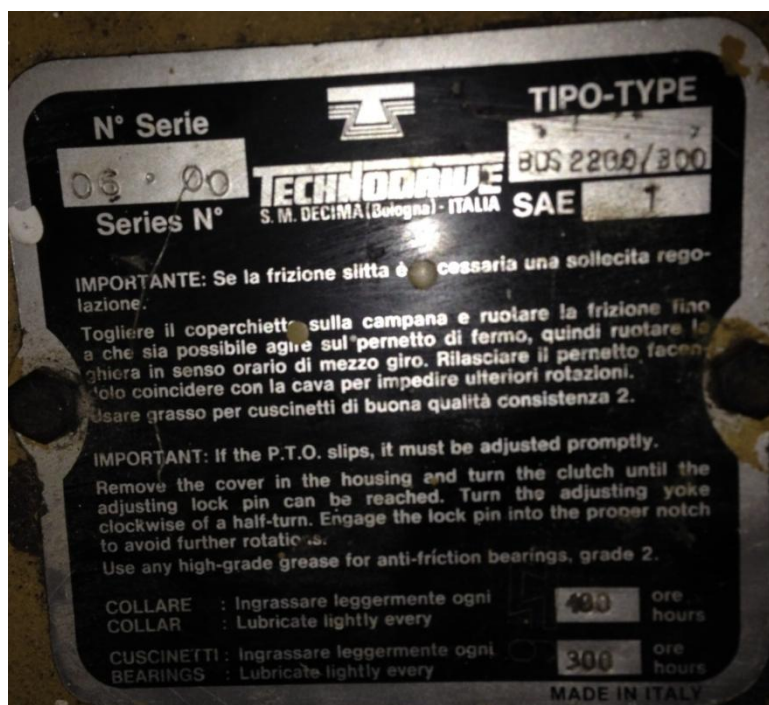


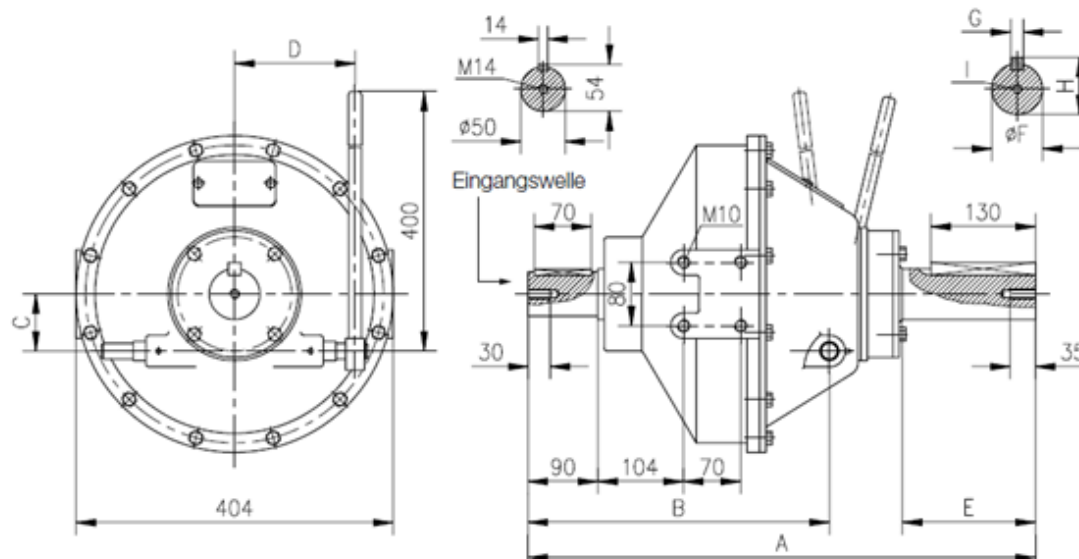
Ilustración 123: chapa identificativa de la reductora PTO

A partir de la chapa identificativa, se puede comprobar que la PTO admite un par máximo de 2000Nm, unas revoluciones de entrada de 2000rpm como máximo, con un peso de 264Kg y un trabajo de 3000Kgm².



Clutches of type BDS

Within an enclosed housing version for free-standing installation



Size	T_0 Nm	n_{max} rpm	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	H mm	I	m kg	J kgm ²
BDS 112	200	3500	474	330	70	148	80	36.51	9.52	41.3	M10	52	0.1175
BDS 118	240	3500	511	330	70	148	100	44.45	12.70	50.8	M10	57	0.1373
BDS 130	330	3100	587	368	70	160	140	57.15	15.87	65.1	M10	75	0.2875
BDS 145	450	3100	623	368	70	155	165	75.15	15.87	65.1	M14	83	0.4375
BDS 290	900	2900	656	401	70	155	165	63.50	15.87	71.4	M14	106	0.6750
BDS 2200	2000	2400	862	573	114.5	215	140	88.90	22.22	100	M20	264	3.000
BDS 3300	3000	2400	890	601	114.4	215	140	88.90	22.22	100	M20	288	3.3750

Ilustración 124: características y dimensiones de la PTO



A esta PTO se ha adaptado un acoplador de bombas para poder conectar 3 bombas diferentes. En la siguiente imagen se puede ver la chapa del acoplador de bombas instalado en el buque, donde se puede comprobar el modelo de éste y que tiene un ratio de 1:1, por lo que el número de revoluciones de entrada será el mismo que el de salida.



Ilustración 125: chapa del acoplador de bombas instalado en el buque.

En el catálogo se pueden comprobar que el par de entrada máximo es de 1620 Nm y el máximo par de salida es de 810 Nm, y la velocidad máxima de entrada es de 2600 rpm, con un peso de 103Kg. En la siguiente imagen extraída del catálogo de “Technodrive”, se muestra marcado en amarillo el modelo que se instaló en el buque.

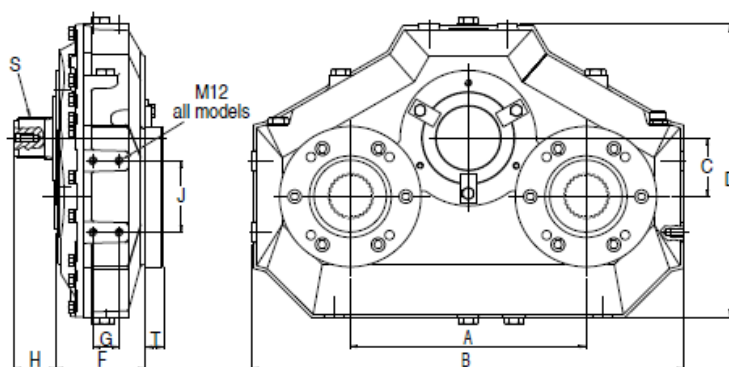


Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

Model	Input Torque Max. (Nm)	Output Torque Max. per Pump (Nm)	Input Speed Max. (RPM)
-------	------------------------------	--	------------------------------

THREE PUMP DRIVES

AM320	630	315	3200
AM330	1080	540	3200
AM345	1620	810	2600
AM365	2900	1450	2200



MODEL	A	B	C	D	F	G	H	J	K	S	Wt kg
AM216	254	450	-	253	110	0	63.5	100	50	B48x44 DIN5482	40
AM220	299	570	86	360	129	30	63.5	165	50	B48x44 DIN5482	76
AM230	360	660	90	450	137.5	40	64	110	50	B62x57 DIN5482	103
AM232	460	800	-	430	137	40	64	110	50	B62x57 DIN5482	132

Ilustración 126: imagen extraída del catalogo de Technodriver de acopladores de bomba



3.4.4. Sistema de aceite hidráulico

Todo el circuito de aceite hidráulico es alimentado por bombas accionadas por el motor principal, mediante el acoplador de bombas descrito en el apartado anterior, en un futuro está previsto utilizar el segundo motor auxiliar de la embarcación para tener una planta de emergencia en caso de que falle el motor principal.

Se han instalado dos bombas de la marca “Eaton” modelo 6423 de circuito cerrado, acopladas cada una a una toma del acoplador con un caudal de 105cc/rev.

Eaton Heavy Duty Pumps

Modelo		33	39	46	54	64	76
Desplazamiento	<i>cc/rev</i>	54.4	63.7	75.3	89.1	105.5	124.8
Max. Velocidad	<i>rpm</i>	4510	4160	4160	3720	3720	2775
Max. Caudal	<i>lpm</i>	233	255	300	318	375	333
Par de entrada*	<i>Nm</i>	232	265	315	371	441	514
Presión salida	<i>bar</i>	241	241	241	241	241	241

Ilustración 127: características bombas Eaton

Estas dos bombas mueven la maquinilla que se utiliza para recoger las artes, en concreto el carrete inferior que se utiliza para cerrar el arte por la parte inferior.



En el montaje hidráulico se montan dos bombas CASAPPA PLP20.140082E3 acopladas a las Eaton, una a cada una como se ver en la imagen:

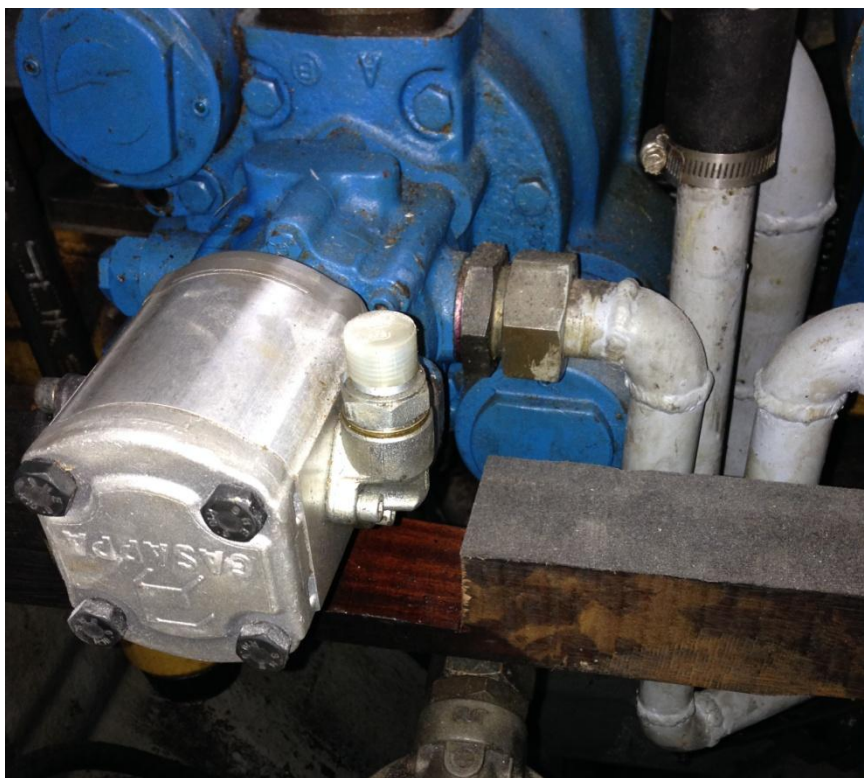


Ilustración 128: bomba Cassapa acoplada a una Eaton

Una de ellas aporta un caudal de 14,53 cc/rev y está tarada a una presión de 125 bar.

La segunda aporta un caudal de 14,53 cc/rev y está tarada a una presión de 140 bar.



Se dispone de dos bombas marca “Roquet”, movidas por el motor principal a través de correas, una con un caudal de 10cc/rev, la segunda con un caudal de 14 cc/rev.



Ilustración 129: bombas acopladas al motor principal mediante una correa



Ilustración 130: referencia de las bombas engranada al motor mediante una correa



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

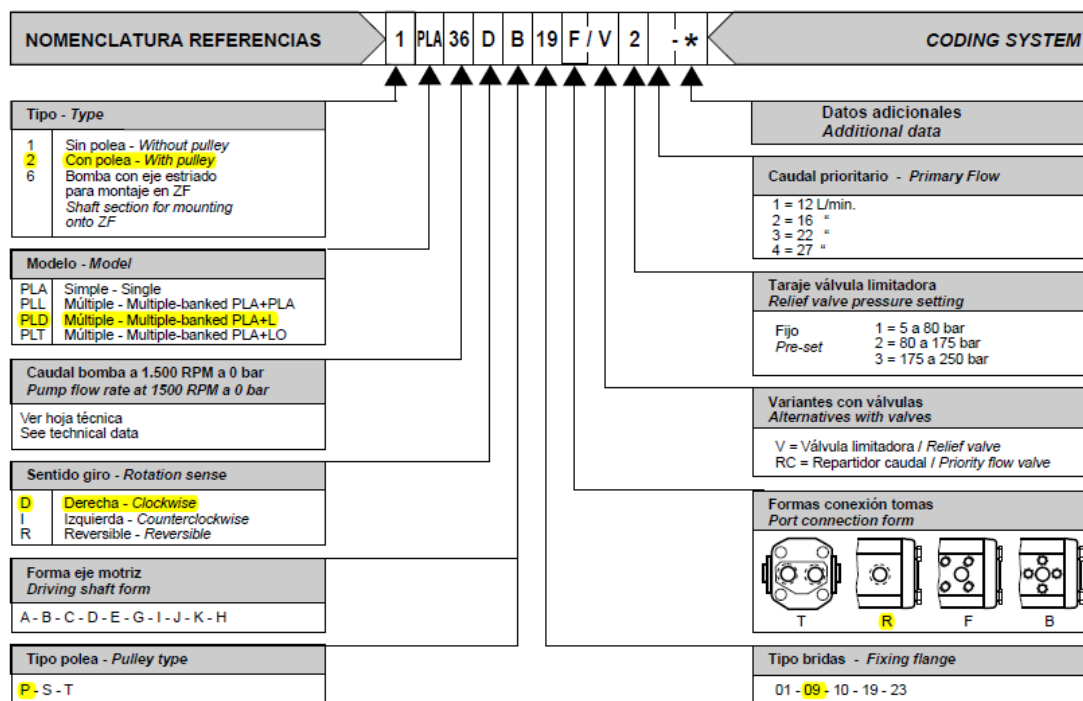


Ilustración 131: catálogo de las bombas Roquet

La bomba ROQUET de 10cc y la bomba CASAPPA tarada a 125 bar dan servicio al ventilador de sala de máquinas, al timón.

La bomba ROQUET de 14cc y la bomba CASAPPA tarada a 140 bar dan servicio a los guiadores de cada uno de los dos carretes de la maquinilla de cerco



A la toma superior del acoplador de bombas se ha conectado una bomba CASAPPA KP304300-83E3, de circuito abierto que un caudal de 43,98 cc/rev y está tarada a una presión de 250 bar.

Esta mueve darán servicio la grúa ATLAS del halador, al carretel superior de la maquinilla de cerco y a la hélice de proa del barco.

A la anterior bomba se le ha acoplado una bomba CASAPPA HDP35.40, de circuito abierto, que aporta un caudal de 40,46 cc/rev y está tarada a una presión de 250 bar. Dando servicio a la grua de copeje y al cabestrante de arriado de jareta.

En la siguiente imagen se pueden ver las dos bombas conectadas al acoplador junto a las dos Eaton:

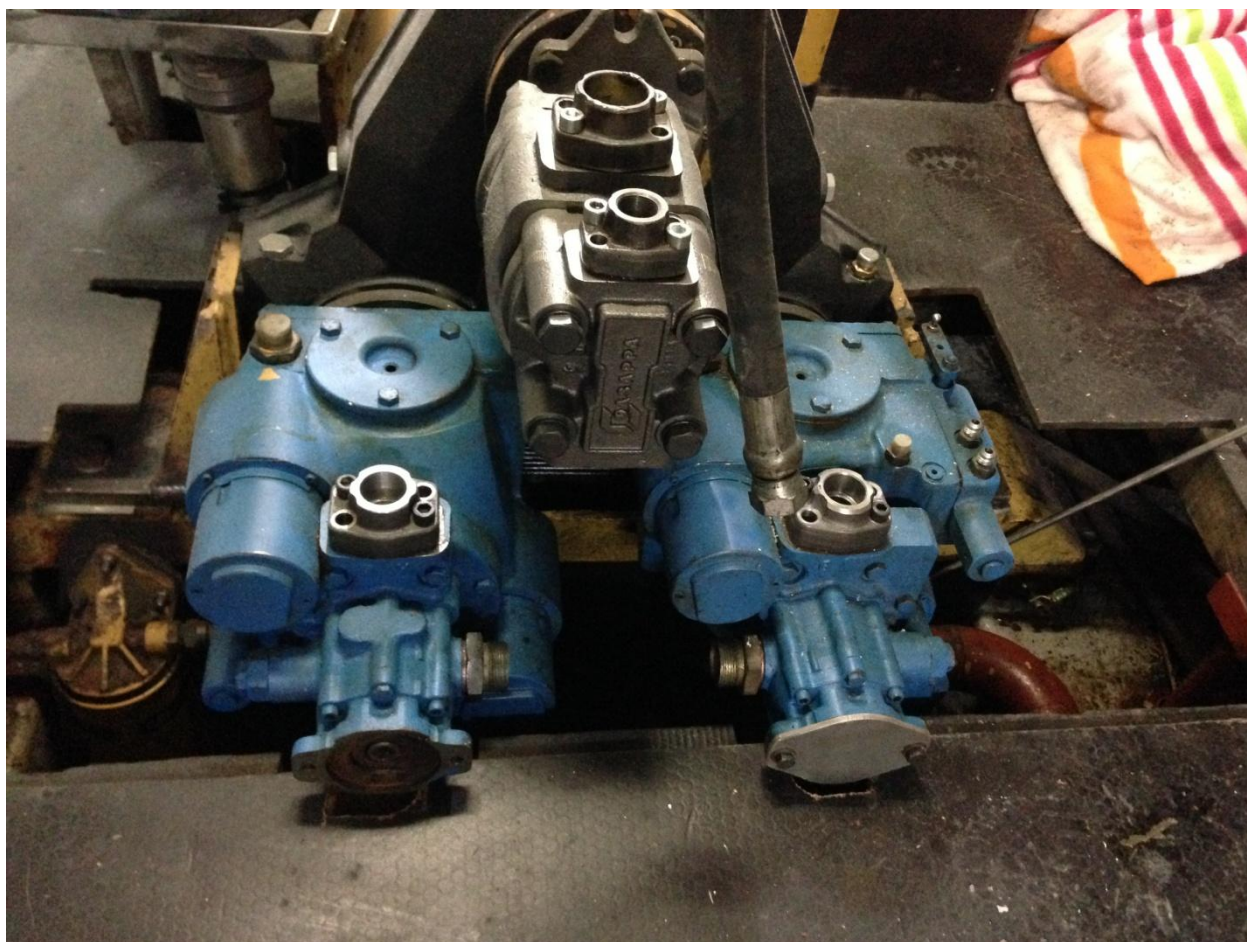


Ilustración 132: bombas Cassapa, Bombas Eaton y acoplador de bombas



Se muestra a continuación el esquema del aceite hidráulico, se puede ver que el aceite de retorno pasa por un enfriador.

Por éste pasa agua salada que es impulsada por una bomba accionada por el motor principal, por ello se dispone de una válvula manual para cerrar el paso de agua al enfriador

En la siguiente imagen se muestra el enfriador,

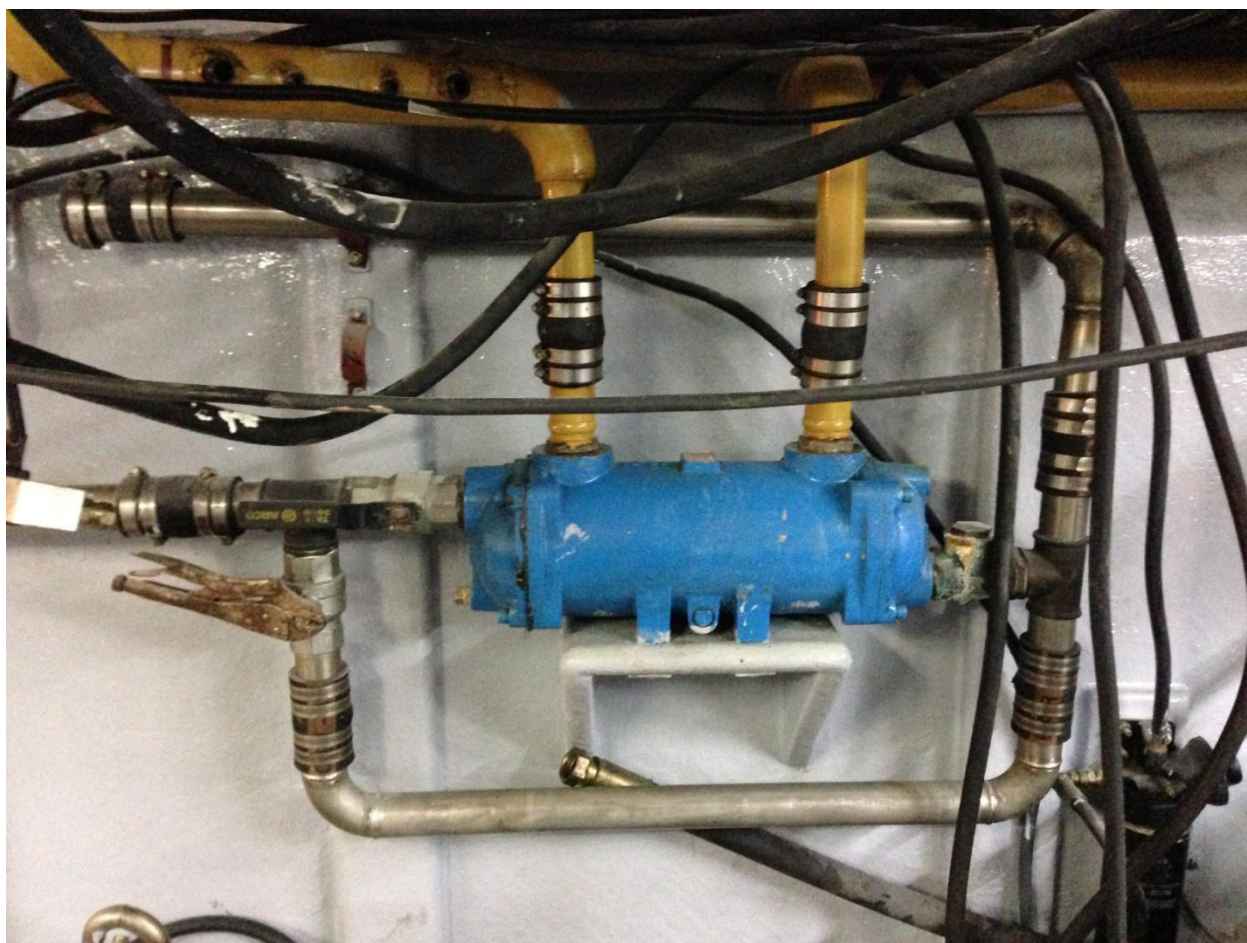
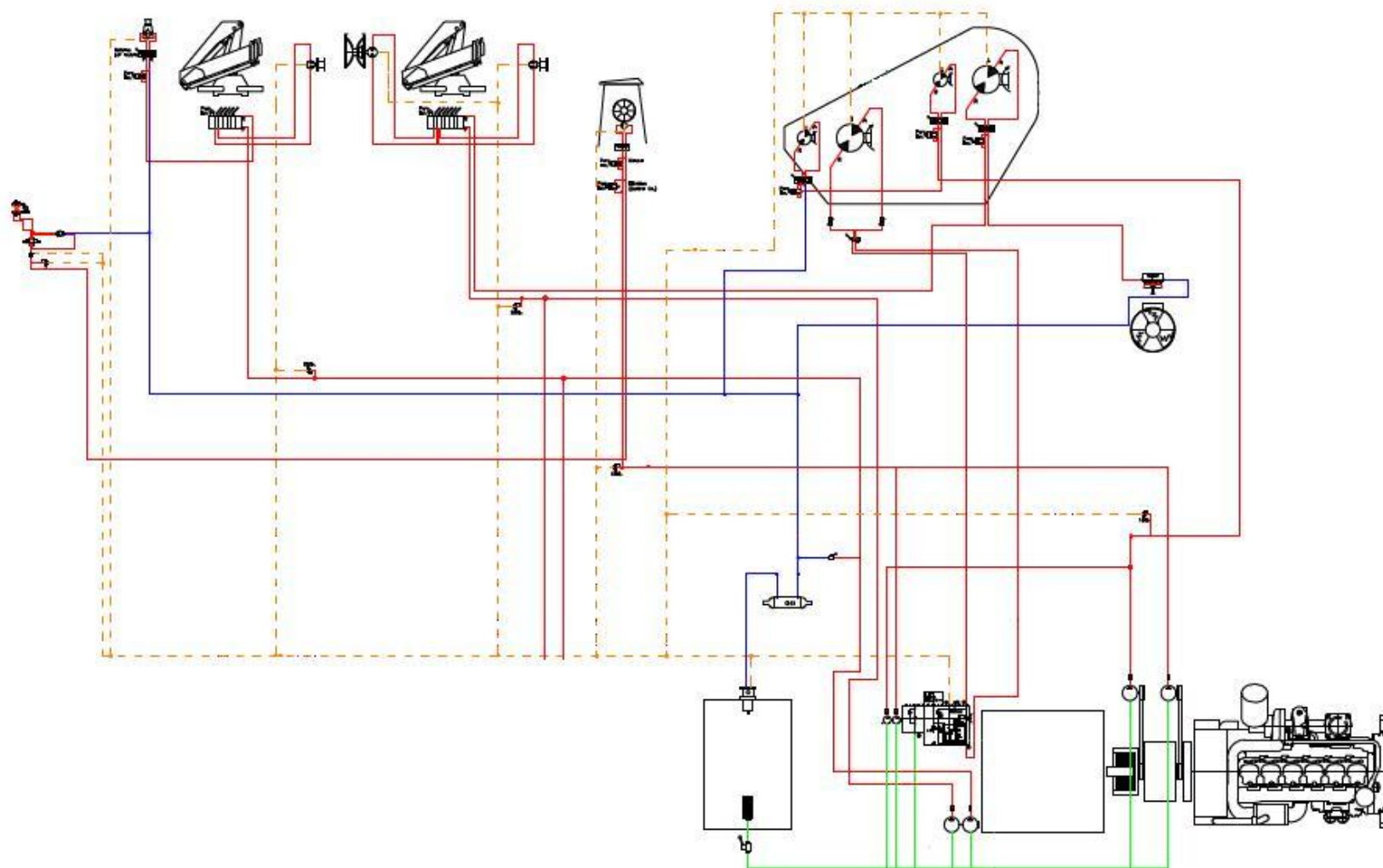


Ilustración 133: enfriador de aceite hidráulico



Reforma y Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”





3.4.5. Motor auxiliar

El buque disponía de dos motores auxiliares, uno para la generación de corriente eléctrica y otro para la generación de potencia hidráulica, este segundo motor ha sido inutilizado, ya que con el cambio del circuito hidráulico era muy complicada la conexión de éste. Este motor está situado en la banda de babor.

El motor situado en la banda de estribor se instaló en 2008 en Castellón, como se puede comprobar en la página 3 de la hoja de asiento, que se muestra en este trabajo en la página 8.

El motor es utilizado para la generación de corriente eléctrica mediante un generador, **se enciende cada vez que hacen las faenas de pesca** para tener energía suficiente para los focos de iluminación, ya que el motor principal no está embragado y está moviendo las bombas por el extremo GKS y en la siguiente imagen se puede ver dicho motor acoplado al generador.



Ilustración 134: motor diesel acoplado a un generador, tomada el 19/5/2014



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



Se trata de un motor IVECO N67 MNA M15 de 6 cilindros, con 125 CV, tiene un peso de 530kg sin el generador. En la siguiente imagen se muestran en color amarillo sus características, extraídas del catálogo de “Iveco Motors”.

N67 MNA M15 FOR MARINE APPLICATIONS

Rating type		A1	B	C	D
Maximum power *	kW(CV)	110 (150)	99.5 (135)	92 (125)	92 (125)
At speed	rpm	2800	2800	2800	2800
Maximum no load governed speed at max rating	rpm	3100	3100	3100	3100
Minimum idling speed	rpm	650	650	650	650
Mean piston speed at rated speed	m/s	12.3	12.3	12.3	12.3
BMEP at max torque	kg/cm ²	8.8	7.3	7.3	7.3
Specific fuel consumption at full load (best value)	g/kWh @ rpm	230 @ 1800			
Oil consumption at max rating	(% of fuel consumption)	0.1			
Minimum starting temperature without auxiliaries	°C	-10			
Oil and oil filter maintenance interval for replacement	hours	600			
Dry weight (without marine gear)	kg	530			

* **Net Power** at flywheel according to ISO 3046/1, after 50 hours running, fuel Diesel EN 590. Power tolerance 5%
Test conditions : ISO 3046/1, 25 °C air temperature, 100 kPa atmospheric pressure, 30 % relative humidity.

Ilustración 135: características del motor auxiliar

El conjunto de motor/generador suma un peso de 860kg, y como se puede ver en la siguiente imagen tiene una potencia de 32Kw, con un factor de potencia de 0,8.



Ilustración 136: características del generador



4. Auditoria energética

4.1. Estudio de la propulsión

4.1.1. La resistencia al avance

La normativa que regula los horarios de actividad y el sistema de comercialización actuales, son en parte responsables de la actual ineficiencia energética de la flota, al primar comportamientos competitivos que aumentan el consumo. Esto hace que los pesqueros tengan la necesidad, o al menos eso es lo que quieren sus armadores, de alcanzar el caladero y regresar de él lo antes posible.

Por esta razón, se exige a los pesqueros que naveguen a gran velocidad. En los buques, lo que define si se navega a gran velocidad o no, es el número adimensional denominado como Número de Froude, que se define con la siguiente expresión:

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g * L_{pp}}}$$

Donde v es la velocidad del buque en m/s, g es la aceleración de la gravedad en m/s^2 y L_{pp} es la eslora entre perpendiculares del buque.

Un barco de pesca navega a números de Froude próximos a 0,40, en estas condiciones, la componente de la resistencia al avance debida a la formación de olas del buque tiene un valor significativo.

Lo primero que hay que tener en cuenta cuando se trata de estudiar la influencia de las formas geométricas de la carena sobre la resistencia, es que el sistema de olas se produce porque el barco, al avanzar, se abre camino empujando el agua, por lo que perturba el equilibrio de la superficie libre. Cuanto mayor es la perturbación que el barco produce en la superficie libre, mayor será el sistema de olas y, por consiguiente, mayor la resistencia al avance.

Debido a tener que permanecer durante largos periodos de tiempo en la mar, necesitan un excelente comportamiento en condiciones duras. Por eso se admite que el centro de carena puede estar un poco a proa de la posición óptima desde el punto de vista de la resistencia y esa es la razón por la que los buques pesqueros tienen más manga que la necesaria si se tuvieran en cuenta criterios exclusivamente relacionados con la resistencia al avance.



Las ventajas que suele ofrecer la instalación de un bulbo de proa son:

- Aumento de Velocidad (+ 0,2-0,4 kn)
- Ahorro de Combustible (- 5 a 7 %)
- -Mejor Comportamiento en la mar

Se va a estudiar mediante el método de Amadeo García la resistencia al avance del buque para diferentes velocidades, con bulbo o de proa y sin bulbo.

La información se ha extraído de la publicación núm. 131 del Canal de Experiencias Hidrodinámicas, El Pardo. Esta publicación escrita por Amadeo García se llama “Predicción de Potencia y Optimización del Bulbo de Proa en Buques Pesqueros”. Se muestra un nuevo procedimiento de predicción resistencia-velocidad para buques pesqueros, basado únicamente en las dimensiones principales y aplicable tanto a buques con proa convencional como con proa de bulbo.

La publicación de Amadeo García muestra un método de predicción de velocidad para buques entre 25 y 60m. El buque que se está estudiando tiene 24,7 metros de eslora, lo que no está dentro del rango estudiado por Amadeo, pero ya que no se ha encontrado un método en el que este buque cumpla todas las características y que está muy cerca de los 25m, se ha utilizado esta publicación.

Amadeo García realiza la descomposición tradicional de la resistencia total,

$$R_t = R_{\text{fricción}} + R_{\text{rugosidad}} + R_{\text{residual}}$$

La resistencia de fricción la calcula mediante la expresión de la ITTC-57, la resistencia de rugosidad se estima mediante un coeficiente empírico, comparando los resultados de los ensayos realizados con modelos a escala y el análisis de las correspondientes pruebas de mar.

La resistencia residual se obtiene mediante ensayos de remolque y dado que en su mayor parte es debida a la resistencia por formación de olas y a la resistencia de forma, el coeficiente de resistencia residual C_R no está sometido al efecto de la escala, siendo igual para el modelo que para el buque.

Siguiendo las directrices de la publicación, se ha realizado un Excel para calcular la resistencia al avance del pesquero sin bulbo y con bulbo. Los datos que se han necesitado para calcular la resistencia al avance se han obtenido mediante el programa Maxsurf, como se puede observar en las imágenes siguientes.



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



A continuación se muestran los datos del buque con el bulbo de proa.

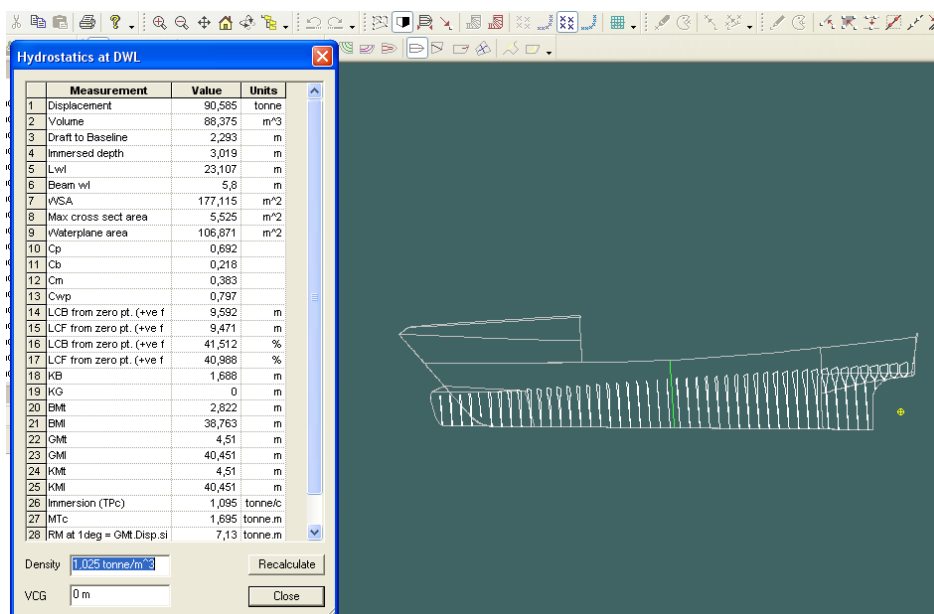


Ilustración 137: imagen tomada desde Maxsurf del buque con bulbo.

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	90,585	tonne
2	Volume	88,375	m ³
3	Draft to Baseline	2,293	m
4	Immersed depth	3,019	m
5	Lwl	23,107	m
6	Beam wl	5,8	m
7	WSA	177,115	m ²
8	Max cross sect area	5,525	m ²
9	Waterplane area	106,871	m ²
10	Cp	0,692	
11	Cb	0,218	
12	Cm	0,383	
13	Cwp	0,797	
14	LCB from zero pt. (+ve f	9,592	m
15	LCF from zero pt. (+ve f	9,471	m
16	LCB from zero pt. (+ve f	41,512	%
17	LCF from zero pt. (+ve f	40,988	%
18	KB	1,688	m
19	KG	0	m
20	BMT	2,822	m
21	BML	38,763	m
22	GML	4,51	m
23	GML	40,451	m
24	KML	4,51	m
25	KML	40,451	m
26	Immersion (TPC)	1,095	tonne/c
27	MTc	1,695	tonne.m
28	RM at 1 deg = GMT Disp.si	7,13	tonne.m

Density: 1.025 tonne/m³ Recalculate

VCG: 0 m Close

Ilustración 138: datos extraídos de Maxsurf del barco con bulbo



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



A continuación se muestran los datos del buque con el bulbo de proa.

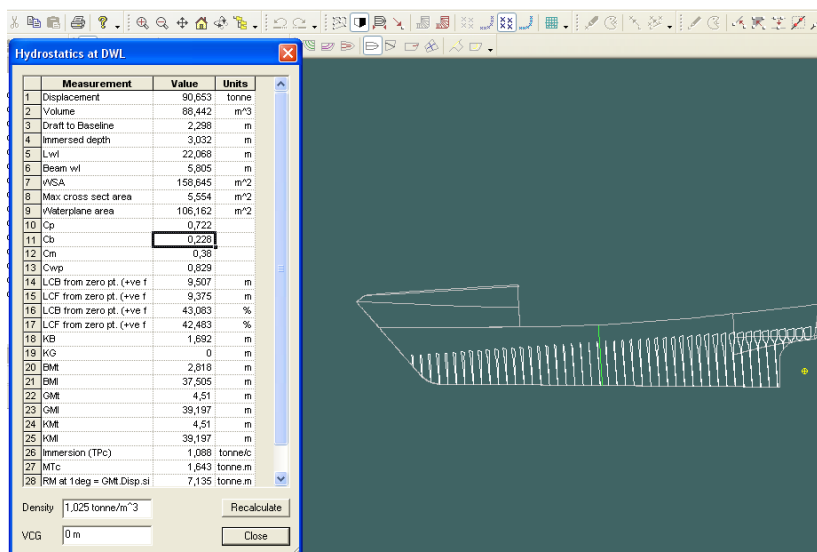


Ilustración 139: imagen tomada desde Maxsurf del buque sin bulbo.

The screenshot shows the 'Hydrostatics at DWL' window in Maxsurf. The table of hydrostatic data is as follows:

Measurement	Value	Units
1 Displacement	90,653	tonne
2 Volume	88,442	m ³
3 Draft to Baseline	2,298	m
4 Immersed depth	3,032	m
5 Lwl	22,068	m
6 Beam wl	5,805	m
7 vSA	158,645	m ²
8 Max cross sect area	5,554	m ²
9 Waterplane area	106,162	m ²
10 Cp	0,722	
11 Cb	0,228	
12 Cm	0,38	
13 Cwp	0,829	
14 LCB from zero pt. (+ve f	9,507	m
15 LCF from zero pt. (+ve f	9,375	m
16 LCB from zero pt. (+ve f	43,083	%
17 LCF from zero pt. (+ve f	42,483	%
18 KB	1,692	m
19 KG	0	m
20 BMt	2,818	m
21 BML	37,505	m
22 GMT	4,51	m
23 GML	39,197	m
24 KML	4,51	m
25 KML	39,197	m
26 Immersion (TPC)	1,088	tonne/c
27 MTc	1,643	tonne.m
28 RM at 1 deg = GMT Disp. si	7,135	tonne.m

At the bottom, there are input fields for Density (1,025 tonne/m³) and VCG (0 m), and buttons for Recalculate and Close.

Ilustración 140: datos extraídos de Maxsurf del barco sin bulbo

En las siguientes páginas se puede ver las dos tablas que se han realizado para calcular las dos resistencias.



Reforma y Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



TABLA RESISTENCIA SIN BULBO									
v(kn)	V(m/s)	Reynolds	Froude	RR/RT	Cf	Ca	Ct	Rt (Kg)	Rt(KN)
8	4,1152	7,334E+07	0,284	0,413	2,180E-03	1,357E-03	6,030E-03	847,142	86,355
8,5	4,3724	7,792E+07	0,3012	0,4543	2,161E-03	1,357E-03	6,446E-03	1022,301	104,210
9	4,6296	8,250E+07	0,319	0,495	2,143E-03	1,357E-03	6,934E-03	1232,907	125,679
9,5	4,8868	8,709E+07	0,337	0,537	2,126E-03	1,357E-03	7,514E-03	1488,568	151,740
10	5,144	9,167E+07	0,354	0,578	2,110E-03	1,357E-03	8,212E-03	1802,746	183,766
10,5	5,4012	9,625E+07	0,3721	0,6194	2,095E-03	1,357E-03	9,069E-03	2194,898	223,741
11	5,6584	1,008E+08	0,390	0,661	2,081E-03	1,357E-03	1,014E-02	2694,233	274,641
11,5	5,9156	1,054E+08	0,408	0,703	2,068E-03	1,357E-03	1,153E-02	3346,683	341,150
12	6,1728	1,100E+08	0,425	0,745	2,055E-03	1,357E-03	1,338E-02	4228,885	431,079
12,5	6,43	1,146E+08	0,443	0,787	2,043E-03	1,357E-03	1,597E-02	5478,965	558,508
13	6,6872	1,192E+08	0,461	0,830	2,031E-03	1,357E-03	1,988E-02	7373,688	751,650



Reforma y Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



**TABLA DE RESISTENCIA CON
BULBO**

v(kn)	V(m/s)	Reynolds	Froude	RR/RT	(RR/RT)cb	Cf	Ca	Ct	Rt (KG)	Rt(KN)
8	4,1152	7,334E+07	0,284	0,410	0,36946	2,180E-03	1,353E-03	5,603E-03	875,746	89,27
8,5	4,3724	7,792E+07	0,301	0,451	0,40620	2,161E-03	1,353E-03	5,917E-03	1044,028	106,42
9	4,6296	8,250E+07	0,319	0,492	0,44356	2,143E-03	1,353E-03	6,281E-03	1242,629	126,67
9,5	4,8868	8,709E+07	0,337	0,533	0,48167	2,126E-03	1,353E-03	6,711E-03	1479,129	150,78
10	5,144	9,167E+07	0,354	0,574	0,52064	2,110E-03	1,353E-03	7,223E-03	1764,082	179,82
10,5	5,4012	9,625E+07	0,372	0,61590	0,56060	2,095E-03	1,353E-03	7,846E-03	2112,638	215,36
11	5,6584	1,008E+08	0,390	0,658	0,60169	2,081E-03	1,353E-03	8,620E-03	2547,357	259,67
11,5	5,9156	1,054E+08	0,408	0,699	0,64404	2,068E-03	1,353E-03	9,608E-03	3103,380	316,35
12	6,1728	1,100E+08	0,425	0,741	0,68781	2,055E-03	1,353E-03	1,091E-02	3838,621	391,30
12,5	6,43	1,146E+08	0,443	0,784	0,73315	2,043E-03	1,353E-03	1,272E-02	4855,803	494,99
13	6,6872	1,192E+08	0,461	0,826	0,78025	2,031E-03	1,353E-03	1,540E-02	6356,186	647,93



A partir de estas tablas se ha podido obtener la diferencia de resistencia al avance que ofrece el buque con un bulbo de proa o sin él. La tabla mostrada a continuación, se ha calculado restando a la resistencia que ofrece la embarcación con bulbo, la que ofrece sin este, de modo que los números para números negativos se deduce que el bulbo es eficiente.

v(kn)	CON BULBO	SIN BULBO	RESTA
8	875,746	847,142	28,604
8,5	1044,028	1022,301	21,727
9	1242,629	1232,907	9,722
9,5	1479,129	1488,568	-9,439
10	1764,082	1802,746	-38,664
10,5	2112,638	2194,898	-82,261
11	2547,357	2694,233	-146,876
11,5	3103,380	3346,683	-243,304
12	3838,621	4228,885	-390,264
12,5	4855,803	5478,965	-623,161
13	6356,186	7373,688	-1017,501

Las tablas anteriores han sido calculadas para un desplazamiento de 90,6 toneladas, que coincide con la primera condición de carga estudiada en el libro de estabilidad (salida puerto, 100% consumos y provisiones).

A partir de los cálculos hechos para un desplazamiento de 90,6Tm, se han calculado las resistencias para las otras tres condiciones de carga:

- Situación de carga 2: Salida de caladero, completo de pesca, 35% consumos y provisiones (77,15Tm)
- Situación de carga 3: Llegada a puerto, completo de pesca, 10% consumos y provisiones (72Tm)
- Situación de carga 4: Llegada a puerto, 20% de pesca, 10% consumos y provisiones (62Tm)

Y una más de 83Tm, para tener un valor intermedio.

Todos estos cálculos se han realizado con el mismo trimado, ya que, se esta buscando el ahorro en resistencia al avance que aportará un bulbo de proa para unas mismas condiciones.



En la siguiente tabla se muestra la resta realizada para cada desplazamiento.

DIFERENCIA DE LA RESISTENCIA SIN BULBO Y CON BULBO					
v(kn)	90Tm	83Tm	77Tm	72Tm	62Tm
8	28,604	29,925	27,281	24,727	21,220
8,5	21,727	23,850	21,091	18,413	14,977
9	9,722	12,995	10,239	7,547	4,456
9,5	-9,439	-4,524	-7,086	-9,620	-11,955
10	-38,664	-31,391	-33,463	-35,566	-36,519
10,5	-82,261	-71,558	-72,666	-73,905	-72,513
11	-146,876	-131,082	-130,452	-130,115	-124,856
11,5	-243,304	-219,711	-216,028	-212,910	-201,273
12	-390,264	-354,168	-345,064	-337,001	-314,610
12,5	-623,161	-565,649	-546,497	-529,281	-487,891
13	-1017,501	-919,450	-880,082	-844,545	-766,803

Para poder comprobar la eficiencia del bulbo de manera más clara, se muestra una tabla a partir de la formula que sugiere Amadeo García para comprobar la economía del bulbo en tanto por cien.

$$\text{Economía del bulbo} = 100 * (1 - (R_{sb}/R_{cb}))$$

ECONOMÍA DEL BULBO (%)					
v(kn)	90Tm	83Tm	77Tm	72Tm	62Tm
8	3,266	3,515	3,293	3,064	2,779
8,5	2,081	2,351	2,137	1,916	1,647
9	0,782	1,077	0,872	0,660	0,412
9,5	-0,638	-0,315	-0,508	-0,708	-0,931
10	-2,192	-1,834	-2,011	-2,197	-2,390
10,5	-3,894	-3,492	-3,651	-3,819	-3,973
11	-5,766	-5,310	-5,444	-5,587	-5,691
11,5	-7,840	-7,313	-7,413	-7,524	-7,562
12	-10,167	-9,543	-9,596	-9,661	-9,609
12,5	-12,833	-12,071	-12,054	-12,052	-11,869
13	-16,008	-15,031	-14,903	-14,795	-14,409



Por tanto, como se puede apreciar en la tabla, el bulbo empieza a ser eficiente entre 9 y 9,5 Kn, aumentando su eficiencia al aumentar la velocidad del barco. Teniendo en cuenta que la velocidad nominal del buque es de 10Kn, **el bulbo reducirá entre un 1,8% y un 2,39% la resistencia al avance según el desplazamiento de la embarcación.**

Además para velocidades “altas” se puede apreciar que el bulbo es más eficiente cuanto mayor es el desplazamiento del buque, hasta llegar a disminuir un 16% sobre la resistencia sin bulbo.

Por estas razones al patrón de la embarcación se le aconsejará no navegar a menos de 9,5Kn, ya que para estas velocidades el bulbo no es eficiente y no se amortizaría de forma rápida.

De este estudio se puede concluir que sí es viable la instalación de un bulbo de proa en esta embarcación, ya que se amortizaría en un corto plazo con la reducción del gasto de combustible.



4.1.2. Resistencia para diferentes asientos

Como se ha hecho en el apartado anterior, se van a calcular las resistencias al avance del buque a partir de la publicación de Amadeo García.

En este caso se van a estudiar para un mismo desplazamiento, distintos trimados de la embarcación, con el fin de demostrar que trimado sería el más eficiente.

Los resultados tanto para 90Tm como para 77Tm, han demostrado que el buque será más eficiente al tener más trimado a popa, se tienen varias dudas de que este resultado sea fiable, ya que, al hundir tanto la popa ofrecerá mucha resistencia por formación de olas en la popa y puede que el método de Amadeo García no sea el más adecuado para realizar este estudio. En un futuro se debería de realizar un estudio con CFD analizar mejor este resultado.

Se muestran los resultados de 90Tm y 70Tm, respectivamente, en dos tablas. Mostrando para cada trimado en metros, las resistencias al avance en Kg en función de la velocidad de avance de la embarcación.



Reforma y Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



Resultados de la resistencia al avance con 90Tm de desplazamiento para diferentes asientos									
	0,18	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,38
8,00	785,84	784,78	783,46	782,61	781,17	779,21	779,21	777,79	776,87
8,50	936,79	935,50	933,89	932,88	931,13	928,77	928,77	927,05	925,95
9,00	1114,91	1113,33	1111,38	1110,17	1108,06	1105,21	1105,21	1103,12	1101,81
9,50	1326,99	1325,05	1322,67	1321,23	1318,66	1315,21	1315,21	1312,67	1311,11
10,00	1582,47	1580,08	1577,16	1575,44	1572,29	1568,10	1568,10	1564,98	1563,13
10,50	1894,90	1891,92	1888,30	1886,25	1882,35	1877,22	1877,22	1873,36	1871,15
11,00	2284,46	2280,68	2276,13	2273,66	2268,78	2262,42	2262,42	2257,60	2254,93
11,50	2782,53	2777,64	2771,82	2768,81	2762,59	2754,56	2754,56	2748,42	2745,17
12,00	3440,83	3434,32	3426,66	3422,94	3414,79	3404,41	3404,41	3396,36	3392,34
12,50	4350,97	4341,91	4331,42	4326,72	4315,61	4301,70	4301,70	4290,72	4285,65
13,00	5692,19	5678,77	5663,48	5657,34	5641,25	5621,51	5621,51	5605,63	5599,01



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



Resultados de la resistencia al avance con 72Tm de desplazamiento para diferentes asientos									
	0,18	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,325	0,35	0,38
8	743,05	741,00	741,02	739,61	738,13	737,11	735,56	734,78	733,27
8,5	885,26	882,80	882,82	881,12	879,32	878,10	876,23	875,31	873,48
9	1052,87	1049,90	1049,92	1047,86	1045,69	1044,24	1041,98	1040,88	1038,68
9,5	1252,13	1248,55	1248,58	1246,07	1243,43	1241,72	1238,98	1237,67	1234,99
10	1491,75	1487,41	1487,44	1484,38	1481,16	1479,12	1475,78	1474,22	1470,96
10,5	1784,15	1778,85	1778,89	1775,12	1771,15	1768,71	1764,61	1762,75	1758,74
11	2147,75	2141,20	2141,25	2136,55	2131,61	2128,68	2123,57	2121,34	2116,35
11,5	2611,05	2602,83	2602,89	2596,92	2590,67	2587,10	2580,65	2577,93	2571,61
12	3220,67	3210,11	3210,18	3202,40	3194,28	3189,88	3181,51	3178,16	3169,96
12,5	4058,40	4044,36	4044,46	4033,93	4022,98	4017,44	4006,18	4001,97	3990,93
13	5282,20	5262,55	5262,67	5247,59	5231,97	5224,77	5208,77	5203,29	5187,59



4.1.3. Estudio de la hélice

El diseño de la hélice más adecuada para cada buque implica, como todos los aspectos de la Hidrodinámica relacionados con el Proyecto, una solución de compromiso para hacer frente a las diversas necesidades, muchas de ellas contrapuestas. Sin embargo existen unos objetivos claros que deben ser cubiertos:

- La hélice debe proporcionar un empuje suficiente para propulsar al buque a la velocidad deseada, con un rendimiento lo mayor posible, es decir que la potencia absorbida por ella sea la mínima que pueda alcanzarse. Esto conduce a una menor potencia instalada y, por tanto, un menor consumo de combustible.
- No deben presentarse fenómenos de cavitación, o, al menos, han de estar reducidos a límites admisibles.
- La resistencia mecánica o estructural de la hélice ha de ser la adecuada para permitirle funcionar sujeta a los esfuerzos desarrollados en sus palas sin riesgo de roturas o deformaciones.
- No deben presentarse vibraciones inducidas por la hélice, debido a una inadecuada posición de la hélice en el codaste con respecto al casco y al timón.

En el proyecto de un buque, una vez conocida la resistencia al avance del buque es cuando se puede seleccionar la hélice más adecuada que entregue el empuje necesario con el mayor rendimiento posible.

Normalmente, las hélices de mayor diámetro girando a las menores rpm. son las de mayor rendimiento. Sin embargo, el tamaño del codaste del buque limita el diámetro máximo de la hélice compatible con unas ciertas claras mínimas entre ella, el casco y el timón.

Por otro lado, el conseguir las rpm. óptimas para la mayor hélice que quepa en el codaste del pesquero puede requerir relaciones de reducción de las rpm. del motor excesivas. Ni el peso ni el empacho de estos reductores, ni el coste de fabricar un reductor ex profeso para cada buque harían viable su adquisición.

Por lo tanto, una vez más, se debe buscar una solución de compromiso en cada caso, analizando las opciones disponibles para optimizar el sistema instalado y seleccionando la combinación de diámetro y rpm. de la hélice de mejor rendimiento, dentro de las restricciones impuestas por las características particulares de cada buque.



La relación de áreas de la hélice vendrá determinada por su tendencia a la cavitación. Este fenómeno es siempre indeseable y cuanto mayor sea el riesgo de cavitación mayor será la relación de áreas necesaria, con lo que aumentará la resistencia de fricción al avance de las palas, disminuyendo así su rendimiento.

4.1.3.1. Hélice antigua

Aprovechando que el buque estuvo en el varadero de mazarrón durante mucho tiempo y que el inspector de la Capitanía Marítima quería revisar el eje propulsor, la hélice fue desmontada y se llevó a un taller para que fuese reparada y limpiada.

En las imágenes siguientes se puede ver como quedó después de ser limpiada, y la reparación que se realizó en una de las palas que tenía una pequeña rotura.



Ilustración 141: fotografía antes de la limpieza, tomada el 28/5/2014



Ilustración 142: rotura de una de las palas.



Ilustración 143: reparación de la pala



Ilustración 144: hélice limpia y reparada

La limpieza de la hélice en cada varada supone un ahorro energético de hasta un 2%, ya que al estar en mal estado el rendimiento de la misma disminuye.

Como se puede ver en la imagen inferior, es complicado poder conocer las características de la hélice actual. Apoyando un folio sobre esta parte de la hélice y rayando con un lápiz sobre el papel, se pudo comprobar que la hélice inicialmente tenía un diámetro de 1900mm y un paso de 1510mm, con un peso de 573Kg.

Hablando con el armador, se supo que la hélice fue modificada después de su fabricación en un astillero gallego, ya que antes de la modificación cavitaba. Por tanto, estas características fueron cambiadas.

Al tener la hélice sobre el suelo se midió el diámetro, y se obtuvo un valor de 1830mm.

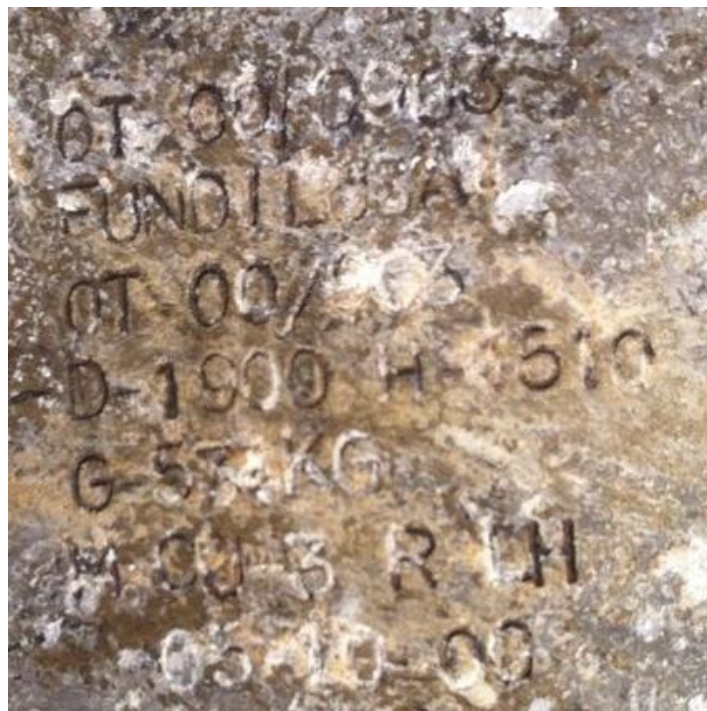


Ilustración 145: características de la hélice actual

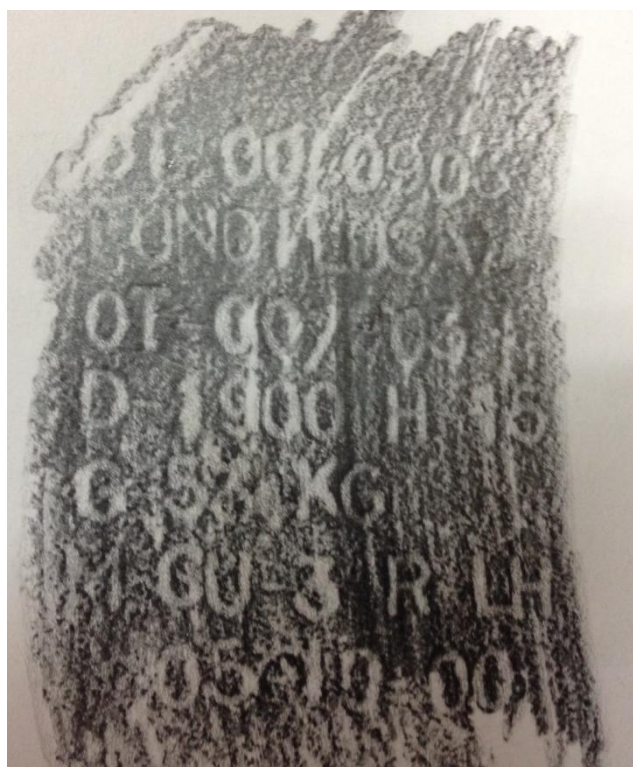


Ilustración 146: obtencion de los datos de la hélice inicial



4.1.3.2. Diseño hélice nueva

Considerando que no sería rentable cambiar el motor de la embarcación para adecuarlo a las prestaciones que debe realizar en la actualidad, se va a diseñar una hélice nueva para buscar un mejor rendimiento de la misma a partir de una serie sistemática, en este caso la Serie B de Wageningen.

Una serie sistemática de propulsores es un conjunto de formas de hélices cuyas características geométricas se han variado de forma sistemática, de modo que su rendimiento y su comportamiento frente a la cavitación sean óptimos y de las que se dispone de los resultados de ensayos de propulsor aislado.

En principio se puede afirmar de un modo general, que desde el punto de vista del rendimiento propulsivo interesa que la hélice tenga el menor número de palas posible, la tendencia más general consiste en aumentar el número de palas, tratando de reducir la magnitud de las fuerzas perturbadoras.

Para esta embarcación se va a estudiar en función de la potencia del motor instalado qué hélice será la que mayor rendimiento saque, teniendo en cuenta que, la velocidad nominal del buque se ha considerado que es de 10Kn, por lo que se van a realizar los cálculos para dimensionar la hélice con el objetivo que el buque navegue a esta velocidad de la forma más eficiente posible.

El motor principal de la embarcación tiene un **BHP= 720CV**, con unas revoluciones nominales de 1800 rpm.

Al navegar con el buque, se comprobó que el patrón suele navegar a 1400 rpm del motor, por tanto al utilizar la reductora con relación 6,5:1 la hélice gira a 215 rpm. y con relación **5,5:1 la hélice gira a 255 rpm**. La hélice se diseñará para la relación de 5,5:1 ya que es la que más velocidad ofrece a la embarcación.

El rendimiento mecánico es la relación entre la potencia efectiva bhp y la potencia indicada ihp. Relaciona la energía mecánica disponible en el volante del motor y el trabajo indicado. Cuantifica las pérdidas de energía de origen mecánico como la fricción entre anillos y cilindros, cojinetes y ejes además de la energía necesaria para accionar los elementos propios del motor (sistema de inyección, lubricación, control temperatura, válvulas, etc.). El rendimiento mecánico de un motor varía con la velocidad, disminuye al aumentar la velocidad. Su valor, en condiciones normales de funcionamiento, es del 80 al 90%.

Se escoge un **rendimiento mecánico de 0,87%**, teniendo en cuenta la vejez del motor.

El rendimiento rotativo-relativo depende del rendimiento de la hélice detrás del buque y del rendimiento del propulsor aislado (en el punto de proyecto, aproximadamente, 0,95 – 1,02), se escoge un **rendimiento rotativo-relativo de 1**.



Se dimensiona la hélice con un punto de ajuste al **90% de la potencia y el 100% de las revoluciones.**

Para saber el diámetro máximo que se puede montar para el codaste que dispone el buque, se ha medido en los planos de Autocad, obteniendo que un huevo de 2,2m en total. En la parte superior al centro del eje se dispone de un metro.

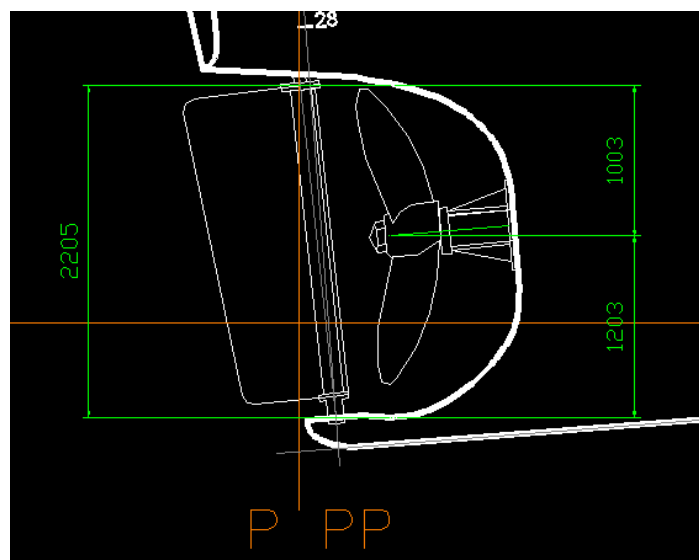


Ilustración 147: diámetro máximo de la hélice

Además para comprobar este dato, sabiendo que la mecha del timón mide 2095mm, ya que se pudo medir cuando se desmontó en el varadero, se ha escalado una foto con Rhinoceros y obtenido una medida 10cm más pequeña, lo cual quiere decir que la medida real se aproximará a estas dos.



Ilustración 148: foto codaste escalada en Rhinoceros

A partir de estas dos medias se ha decidido montar un **diámetro máximo de 1,9m.**

Para poder entrar a elegir una hélice en la tabla de la series de Wageningen se debe empezar calculando la velocidad del flujo que le llega a la hélice a partir de la velocidad nominal del buque, que en este caso son 10Kn.

Este cálculo se realiza mediante el coeficiente de estela (ω), éste ha sido calculado a partir del método de Holtrop.

V (nudos)	w	t
9	0,324	0,168
9,5	0,324	0,168
10	0,324	0,168
10,5	0,324	0,168
11	0,324	0,168
11,5	0,324	0,168
12	0,324	0,168
12,5	0,324	0,168



Se va a escoger un valor de $\omega = 0,32$.

$$V_A = V * (1 - \omega)$$

Así para el buque en cuestión tenemos:

$$V_A = 10 * (1 - 0,32)$$

Se obtiene un valor de $V_A = 6,8 \text{ kn}$.

A continuación se calcula la potencia que llega a la hélice teniendo en cuenta los rendimientos.

$$\text{DHP}_{WAG} = \frac{1}{1,026} * K_p * \eta_M * \eta_R * \text{BHP}_{nom} * \frac{75}{76}$$

Para este buque:

$$\text{DHP}_{WAG} = \frac{1}{1,026} * 0,9 * 0,87 * 1 * 720 * \frac{75}{76}$$

Se obtiene un DHP_{WAG} de **542,244 CV**

A partir de este dato se obtiene

$$B_p = \frac{N * \sqrt{\text{DHP}_{WAG}}}{V_A^{2,5}}$$

Para esta embarcación se tiene:

$$B_p = \frac{255 * \sqrt{542,244}}{6,8^{2,5}}$$

Lo que da un resultado de 49,24 y para entrar en la tabla se hace el cálculo de $0,1739\sqrt{B_p}$. Por lo que se entra en la tabla con un valor de **1,22**.

Con este valor se entra en todas la tabla, se calcularán dos hélices para 4 palas con las series B4-55 y B4-70, y dos de 5 palas para las series B5-75 y B5-90.

Se elegirá la hélice de mayor rendimiento.



1. B4-55

Se van a realizar los cálculos para sacar la hélice correspondiente a la serie B4-55.

A partir de la tabla, que se muestra en la página siguiente, se obtiene mostrada en la página anterior se obtiene un $J = 2,61$.

$$J = \frac{V_A}{N * D}$$

Despejando D, se obtiene el diámetro de la hélice que se debe instalar. El valor de N debe estar en revoluciones por segundo y V_A en m/s, de esta forma se obtendrá en diámetro en m.

$$D = \frac{V_A}{N * J}$$

$$D = \frac{3,498 * 2,61}{4,25}$$

Se obtiene un diámetro de **2,14m > Dmax**.

Dmax = 1,9m a partir de este dato y de la formula $J = \frac{V_A}{N * D}$ se puede despejar la J:

$$1/J = \frac{4,25 * 1,9}{3,498}$$

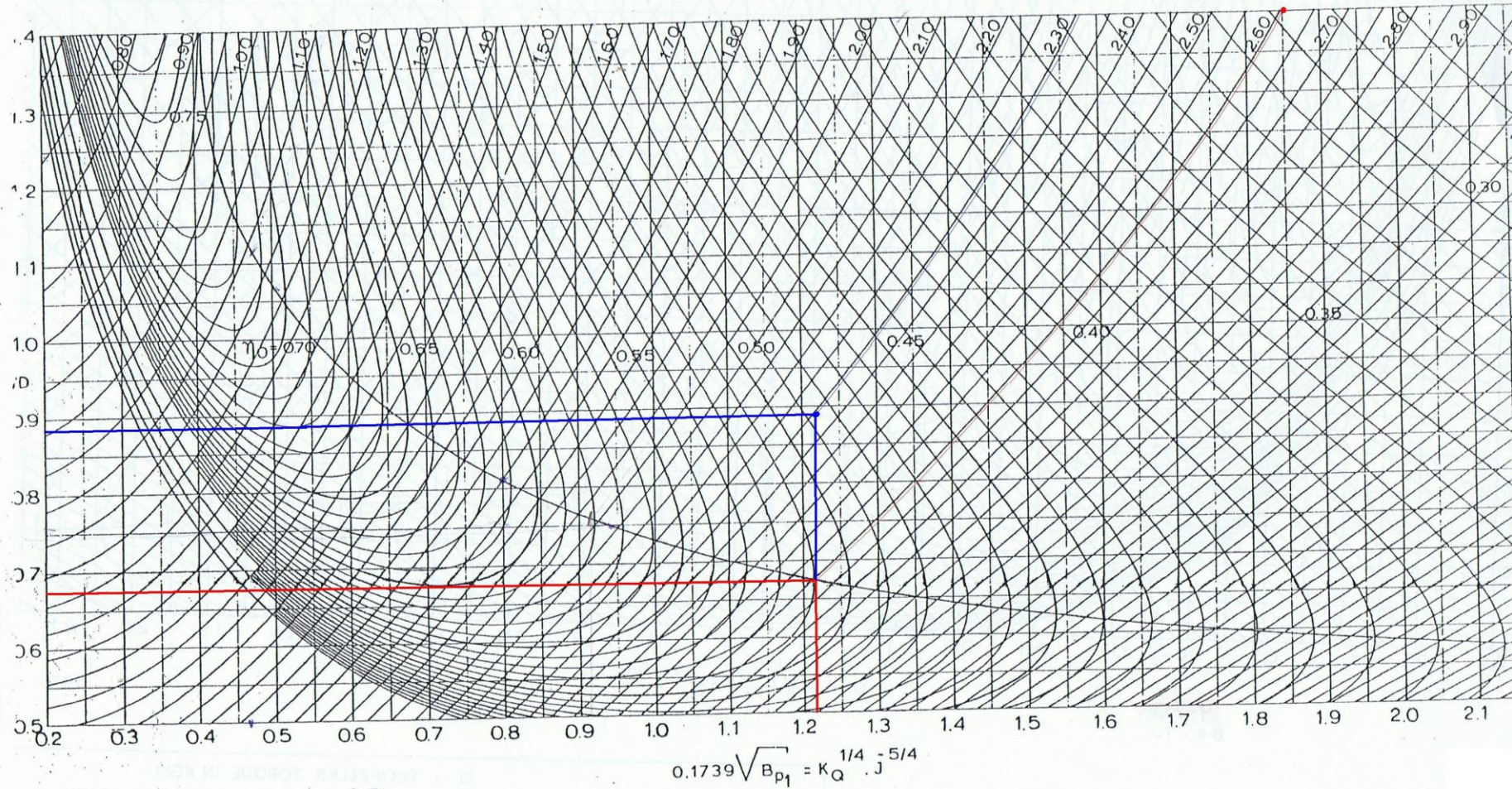
Entramos en la gráfica con un valor de $1/J = 2,31$, en la gráfica de la página siguiente se muestran los resultados en azul.

Se muestran los datos de la hélice que se instalaría.

D (m)	η_0	H/D
1,9	0,488	0,87



Reforma y Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”





2. B4 – 70

Se van a realizar los cálculos para sacar la hélice correspondiente a la serie B4-70.

A partir de la tabla, que se muestra en la página siguiente, se obtiene mostrada en la página anterior se obtiene un $1/J = 2,56$.

$$J = \frac{V_A}{N * D}$$

Despejando D, se obtiene el diámetro de la hélice que se debe instalar. El valor de N debe estar en revoluciones por segundo y V_A en m/s, de esta forma se obtendrá en diámetro en m.

$$D = \frac{V_A * (\frac{1}{J})}{N}$$

$$D = \frac{3,498 * 2,56}{4,25}$$

Se obtiene un diámetro de **2,10m > Dmax**.

Dmax = 1,9m a partir de este dato y de la formula $J = \frac{V_A}{N * D}$ se puede despejar la J:

$$1/J = \frac{4,25 * 1,9}{3,498}$$

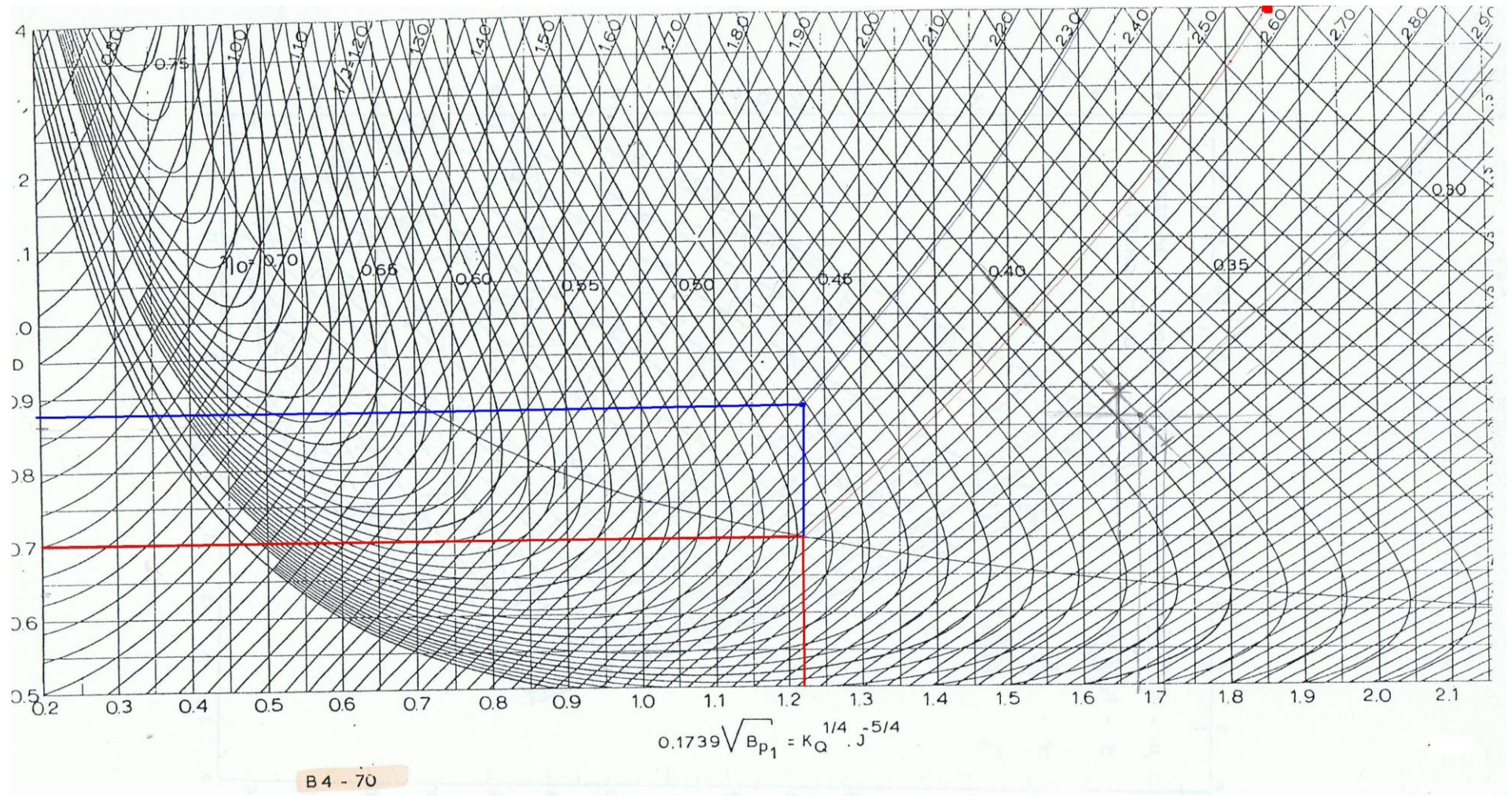
Entramos en la gráfica con un valor de $1/J = 2,31$, en la gráfica de la página siguiente se muestran los resultados en azul.

Se muestran los datos de la hélice que se instalaría.

D (m)	η_0	H/D
1,9	0,481	0,88



Reforma y Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”





3. B5 – 75

Se van a realizar los cálculos para sacar la hélice correspondiente a la serie B5-75.

A partir de la tabla, que se muestra en la página siguiente, se obtiene mostrada en la página anterior se obtiene un $1/J = 2,49$.

$$J = \frac{V_A}{N * D}$$

Despejando D, se obtiene el diámetro de la hélice que se debe instalar. El valor de N debe estar en revoluciones por segundo y V_A en m/s, de esta forma se obtendrá en diámetro en m.

$$D = \frac{V_A * (\frac{1}{J})}{N}$$

$$D = \frac{3,498 * 2,49}{4,25}$$

Se obtiene un diámetro de **2,05m > Dmax**.

Dmax = 1,9m a partir de este dato y de la formula $J = \frac{V_A}{N * D}$ se puede despejar la J:

$$1/J = \frac{4,25 * 1,9}{3,498}$$

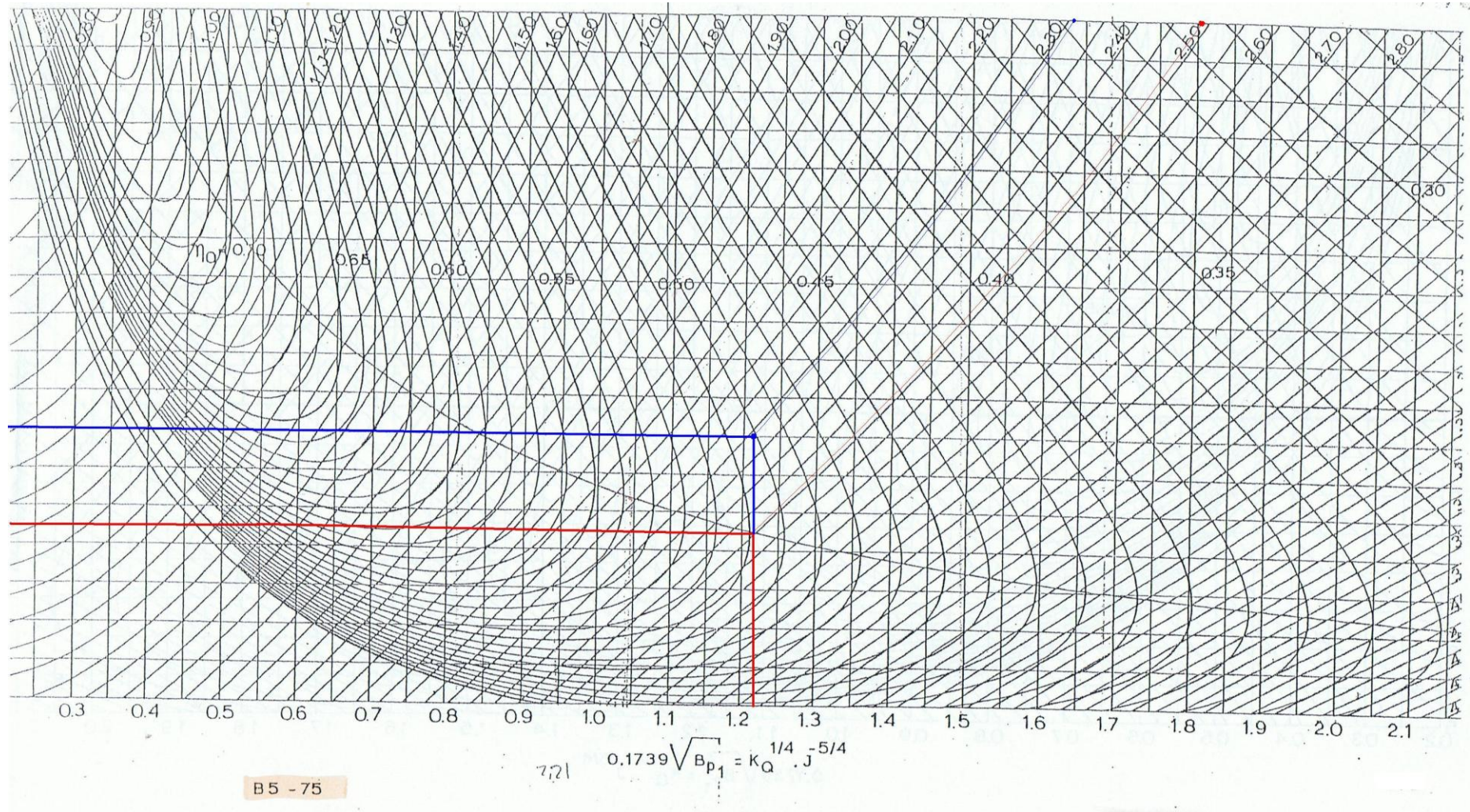
Entramos en la gráfica con un valor de $1/J = 2,31$, en la gráfica de la página siguiente se muestran los resultados en azul.

Se muestran los datos de la hélice que se instalaría.

D (m)	η_0	H/D
1,9	0,496	0,86



Reforma y Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”





4. B5 – 90

Se van a realizar los cálculos para sacar la hélice correspondiente a la serie B5-90.

A partir de la tabla, que se muestra en la página siguiente, se obtiene mostrada en la página anterior se obtiene un $1/J = 2,44$.

$$J = \frac{V_A}{N * D}$$

Despejando D, se obtiene el diámetro de la hélice que se debe instalar. El valor de N debe estar en revoluciones por segundo y V_A en m/s, de esta forma se obtendrá en diámetro en m.

$$D = \frac{V_A * (\frac{1}{J})}{N}$$

$$D = \frac{3,498 * 2,44}{4,25}$$

Se obtiene un diámetro de **2,08m > Dmax**.

Dmax = 1,9m a partir de este dato y de la formula $J = \frac{V_A}{N * D}$ se puede despejar la J:

$$1/J = \frac{4,25 * 1,9}{3,498}$$

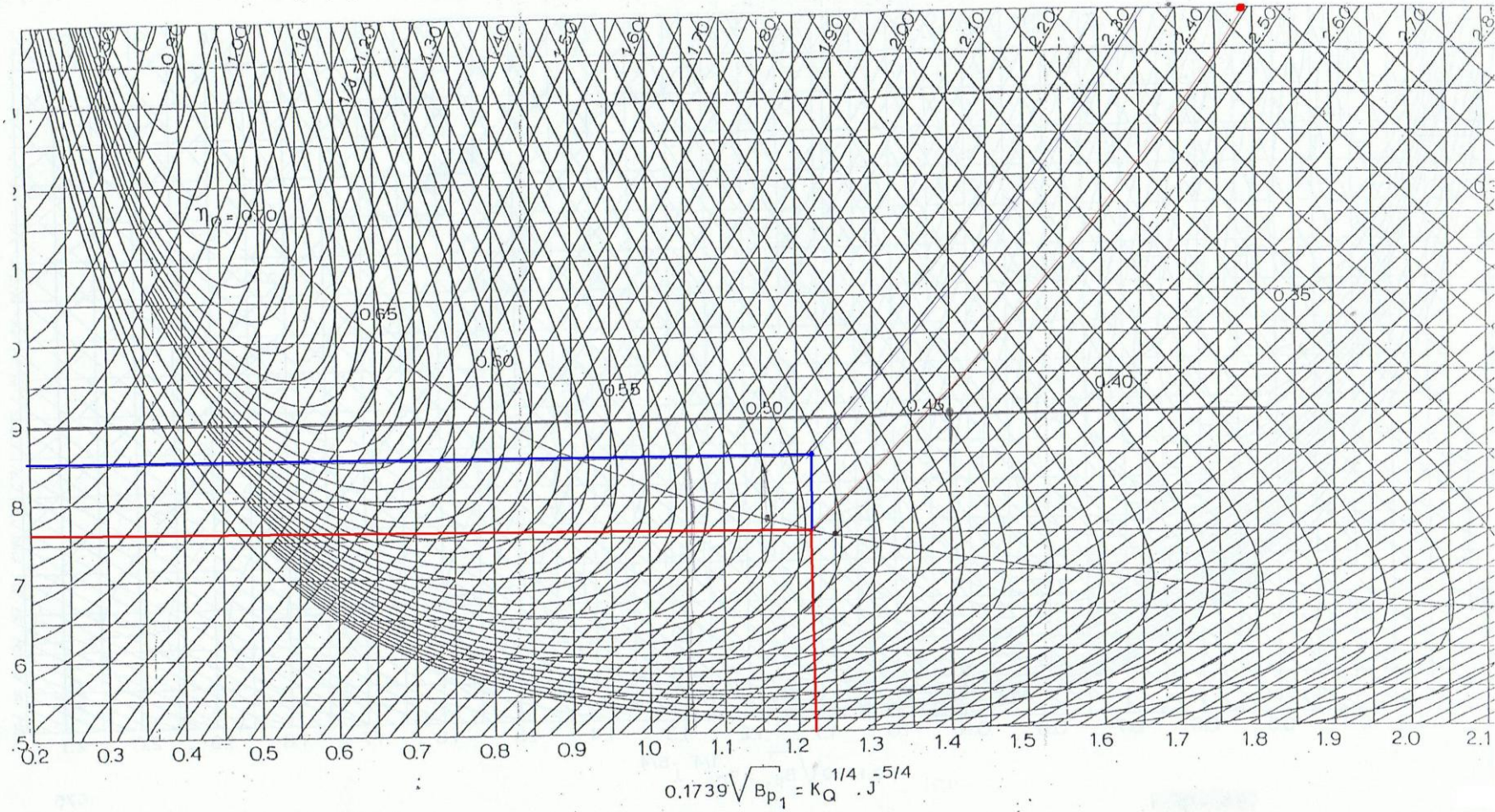
Entramos en la gráfica con un valor de $1/J = 2,31$, en la gráfica de la página siguiente se muestran los resultados en azul.

Se muestran los datos de la hélice que se instalaría.

D (m)	η_0	H/D
1,9	0,482	0,86



Reforma y Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”





Se muestra en la siguiente tabla un resumen de las cuatro hélices seleccionadas y se escoge la de mayor rendimiento.

	η_0	H/D	D (m)
B4 – 55	0,488	0,88	1,9
B4 – 70	0,481	0,88	1,9
B5 – 75	0,496	0,86	1,9
B5 - 90	0,482	0,86	1,9

Se escogerá una hélice de la serie B5 – 70 de con las siguientes características.

$$Z = 5$$

$$D = 1900\text{mm}$$

$$H/D = 0,88$$

$$H = 1672\text{mm}$$

$$\eta_0 = 0,496$$



4.1.3.3. Conclusión

Comparando las características de la antigua hélice con las de la que se aconseja montar, se puede comprobar que tiene mayor diámetro y mayor paso.

La nueva tiene un diámetro de 1900mm frente a la actual que tiene 1830mm, además se ha aumentado el paso a 1672mm que ha aumentado 162mm en comparación a la actual.

El montaje de esta hélice podría suponer dos medidas de eficiencia diferente:

- El buque a 1400 revoluciones que suele navegar, dará una mayor velocidad a la actual de 10kn.
- Navegando a 10kn el motor consumirá menos combustible.

Es difícil medir este ahorro energético, ya que no se puede predecir la velocidad que dará el buque ni cuanto bajará el consumo de combustible, pero es seguro que será beneficioso por haber aumentado del diámetro y el paso.

Ya que el trabajo está enfocado a medir el ahorro posible que pueden ofrecer todos los cambios sugeridos, se va a suponer que el **ahorro de combustible** debido al cambio de la hélice supondrá un **4% al año**.



4.2. Sistema Sishultra

Para poder reducir estos costes de varada y de combustible se propone instalar a la embarcación un sistema de ultrasonidos que suministra la empresa “Sistemas de Ahorro Energético Levante, SAEL,S.L.”

El equipo Sishultra Marine produce una serie de descargas de energía ultrasónica que **limpia de algas de forma automática** todo el casco de la embarcación por debajo de la línea de flotación. Estos organismos, que son el alimento de otras especies marinas, ante su ausencia no se adosan a la embarcación.

Sishultra aporta que el casco este en perfecto estado, con ello se consigue ahorrar en combustible, genera menor contaminación y consigue una mayor aceleración. Además, en el presupuesto anual se evita el tradicional varado para la limpieza del barco.

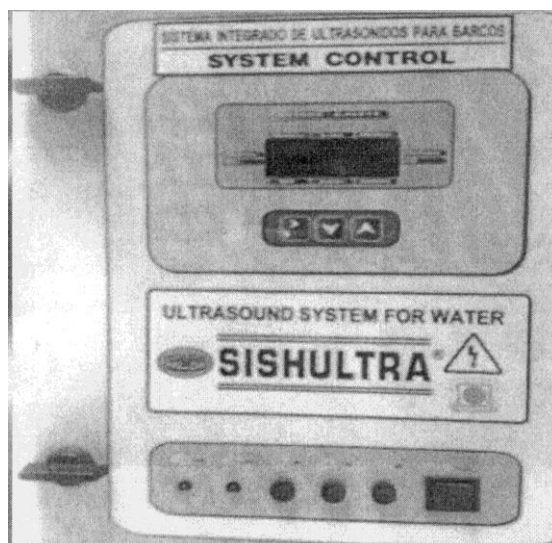


Ilustración 149: controlador del sistema Sishultra



4.2.1. Instalación

Cada transductor tiene un consumo muy bajo de 6W - 0,5A y una potencia emisora de 50W. Existen dos formas de instalarlo: interior (sistema fijo) o exterior (sistema móvil).

Para este barco de 24m, se necesitarán dos transductores y dos cajas y se elegiría un montaje interior ya que el montaje exterior se monta en el muelle y este pesquero no tiene un puesto fijo.

El sistema fijo función a 220/24 V y a 220/12 V, ambos con una desconexión automática a través de una caja de control de forma que cuando se desconecta del pantalán, automáticamente pasa a trabajar con las baterías.

En el interior de la caja digital de la central un microprocesador memoriza el histórico del funcionamiento del equipo, de modo que se pueden conocer las horas totales que ha estado funcionando el sistema, las interrupciones de alimentación eléctrica, e incluso la temperatura del agua del mar, entre otros datos de interés.

4.2.2. Ventajas

Durante la vida del buque, para una misma potencia absorbida por la hélice, las RPM del motor sufren una disminución gradual que llega a valores entre el 3 % y el 6 % de los nominales, y que se recupera sólo parcialmente cuando el buque entra en dique.

la suciedad de la carena aumenta el espesor de la capa límite, lo que se traduce en un aumento del coeficiente de estela, que disminuye la velocidad de entrada del flujo a la hélice, alterando su punto de funcionamiento.

Un buen mantenimiento con entradas a varadero, programadas en las que, además de limpiar los fondos y las palas de las hélices, se compruebe que la protección catódica en el codaste de los buques funciona adecuadamente, que la superficie y volumen de los ánodos de sacrificio es la adecuada, y que estos no alteran el flujo que llega a la hélice, consigue reducir estos efectos hasta un límite razonable.

Al analizar el coste-beneficio se pueden observar de manera rápida las ventajas del sistema. Por una parte, **el mantenimiento anual es nulo y, por la otra, con un antifouling de matriz dura se podrá hacer la carena hasta pasados los tres años** y después de dos años si el antifouling es autopulimentante.

Además se evita que el desprendimiento de productos, que en mayor o menor medida son perjudiciales para el medio ambiente



4.2.3. Ahorro y amortización

El armador del “Nuevo Pedro y Loli” suele varar el barco una vez al año, con un coste aproximado de unos 1000€ según la calidad de la pintura que se utilice.

Se ha intentado conseguir un presupuesto para la instalación de este equipo en la embarcación estudiada pero no se ha conseguido, se va a estudiar el ahorro que supondrá la instalación.

4.2.3.1. Ahorro en varada

Con la instalación, se vara el buque cada 3 años, suponiendo un coste de 1300€ la varada, sin la instalación esto llevaría un coste de 3900€. Esto supone un **ahorro de 2600€ cada tres años**.

4.2.3.2. Ahorro en combustible

No se han podido obtener datos del combustible que consumirá la embarcación con el nuevo arte de pesca en un año, pero se tiene lo que ha consumido el mes de Septiembre por lo que se va a aproximar lo que podrá gastar en un año, pensando que saldrá a pescar 11 meses.

Consumo combustible Septiembre 2014: 12.693,18€

Consumo anual estimado: 139624,98€

Suponiendo un ahorro mínimo de hasta un 5% de combustible al año, que el fabricante anuncia que está entre el 20 – 30 %,

Ahorro anual en combustible 7000€.

4.2.3.3. Amortización

Sumando los ahorros, **cada 3 años se ahorraría 23600€.**

Al no tener datos del coste de la instalación, se dejan los cálculos al armador para que al pedir el presupuesto pueda ver en cuantos años se amortizaría.



4.3. Propulsión diesel-eléctrica

Los sistemas de propulsión diésel-eléctrica convencionales consisten en sustituir los motores propulsores diésel acoplados a la hélice mediante la línea de ejes, por un motor propulsor eléctrico, que es el que se une a la hélice, y un conjunto de generadores eléctricos diésel, encargados de suministrar la energía necesaria para los consumidores del buque y también para el motor propulsor.

Este sistema es utilizado cada vez con mayor frecuencia en buques de tamaño medio y grande, desde cruceros de pasaje hasta buques de suministro a plataformas petrolíferas u oceanográficos. La aplicación directa del mismo en buques de pesca implica una serie de problemas, especialmente el del espacio disponible.

Sin embargo, puede realizarse una adaptación del mismo para un buque pesquero de tamaño medio, con unas características de operación determinadas, obteniendo otras muchas ventajas además de reducciones en el consumo de combustible.

Teniendo en cuenta que una de las ventajas de la propulsión diésel-eléctrica es la de no tener caídas de rendimiento a bajas potencias, al contrario de lo que ocurre con los motores propulsores diésel, puede aprovecharse esta característica en aquellos buques de pesca cuya actividad requiera de períodos prolongados de actividad a bajas velocidades, como pueden ser los buques palangreros.

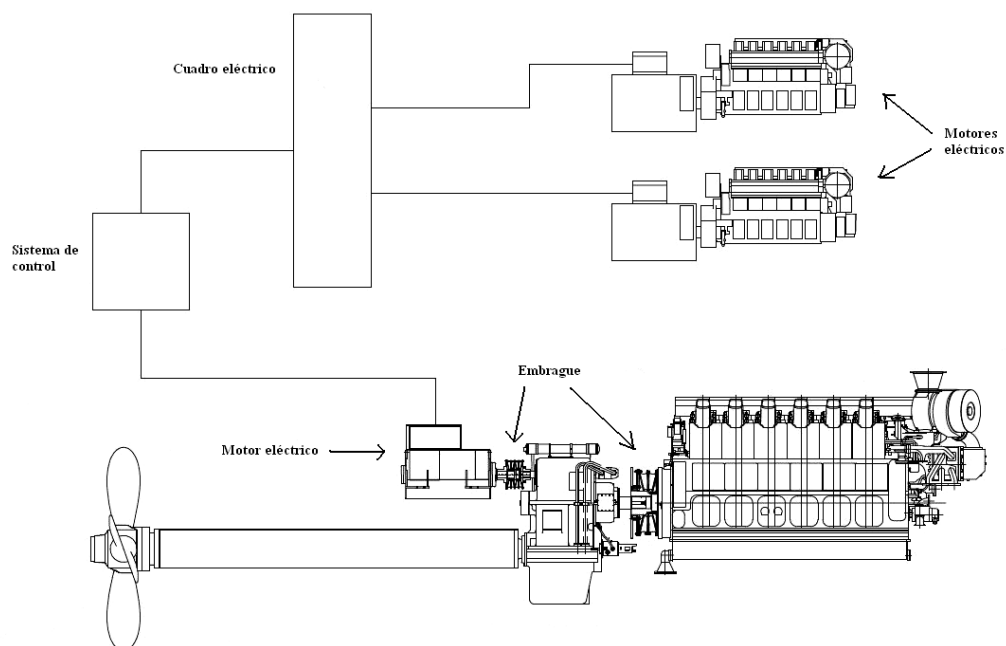
En el caso de una planta propulsora convencional, cuando el buque se encuentra navegando a velocidad reducida, el motor propulsor se encuentra funcionando en un punto de operación muy lejano al de diseño y, por lo tanto, muy poco eficiente.

Los pesqueros de cerco pasan mucho tiempo a velocidades reducidas buscando el pescado en el caladero

El “Nuevo Pedro y Loli” tiene ya un motor auxiliar que se enciende cada vez que hacen la maniobra de pesca para iluminar la cubierta, en la actualidad tiene un motor auxiliar en desuso al que en un futuro se le piensa acoplar bombas hidráulicas de emergencia.

Si no se instalasen esas bombas hidráulicas, se podría acoplar los dos motores auxiliares a un motor eléctrico capaz de impulsar el buque a velocidades reducidas, y de esta forma mientras se desplazan por el caladero podrían apagar el motor hasta encontrar el pescado.

Al tener el buque 24 años, no se ve amortizable esta inversión, por lo que a continuación, se explica la instalación pero no se aconseja al armador hacerla en el “Nuevo Pedro y Loli”.



En el sistema que se plantea se utiliza un motor eléctrico acoplado a la reductora del buque, y alimentado desde los generadores (cuya disposición y potencia deben adaptarse a esta nueva configuración). El motor diésel se mantiene para la propulsión del buque a la velocidad máxima, mientras que para operación a velocidad reducida, los diésel-generadores proporcionan potencia al motor eléctrico y al buque, desembragando el motor diésel principal y actuando entonces con propulsión eléctrica. Estos diésel-generadores operan en una zona de funcionamiento cercana a su óptimo de rendimiento y por lo tanto, la eficiencia global de la planta es mucho mayor.

Este sistema, además de las ventajas económicas, presenta una serie de ventajas que podemos definir como “no cuantificables” sobre la configuración convencional. Algunas de ellas son las siguientes:

- Mayor eficiencia de la propulsión a bajas velocidades (debido al mayor par a bajas revoluciones de los motores eléctricos) y una gran mejora en la maniobrabilidad (debida a la mayor rapidez de reacción de los motores eléctricos y a la no necesidad de embragar-desembragar constantemente en maniobras casi en parado o de adelante-atrás).
- Una mayor redundancia y por tanto seguridad para el buque. Con este sistema, y en caso de una posible avería del motor principal, siempre se dispondrá de una propulsión de reserva para vuelta a casa.
- La posibilidad de realizar en alta mar, en momentos de poca actividad, reparaciones o mantenimientos del motor principal, que en el caso de contar únicamente con propulsión diésel sólo se podrían llevar a cabo en puerto.



4.4. Alumbrado

Se realiza un estudio del cambio del alumbrado tradicional a las tecnologías LED.

Las ventajas básicas del tubo LED frente al tubo fluorescente son:

- Vida útil (del orden de 6 veces más).
- Consumo (40 % menor).

Es cierto que el coste de los LEDS es más de cinco veces el coste de los fluorescentes, pero esto se ve compensado con la mayor vida útil de los primeros y su reducción en el consumo de potencia.

Las reducciones de combustible alcanzadas se encuentran entre un 0,5 % y 0,8 %.

4.4.1. Cámara de máquinas

En la cámara de máquinas es necesario llevar la luz encendida durante toda la navegación debido a que lo obliga una regla sobre estas embarcaciones, es este un local donde se puede ahorrar mucho gasto de luz.

En la navegación que se realizó el 7/10/2014, se pudo comprobar que en la cámara de máquinas había dos lámparas como la de la siguiente imagen, encendidas durante toda la navegación.



Ilustración 150: lámpara de la cámara de máquinas

Esto significa que cada marea, que puede llegar a durar doce horas, se consumen en la cámara de máquinas 72W la hora, por lo que en una marea larga se consumirán, 864W.

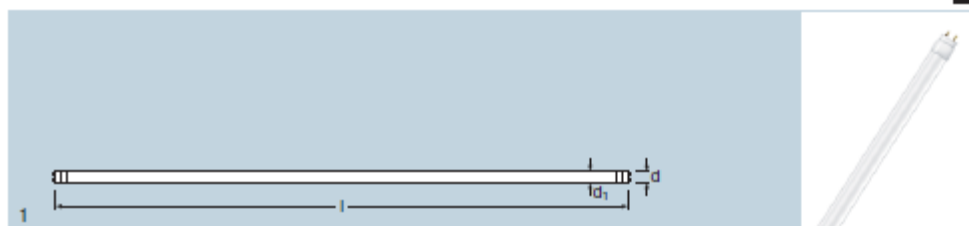
Se aconseja instalar tubos de la misma medida de Led como los siguientes:



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”



SubstiTUBE® Basic



Denominación del producto	Número del producto	V	W	lm	K		Precio base €
ST8-HB2-080-830 ¹⁾	4052899904866	230	9	800	3000	Blanco Cálido	55,00
ST8-HB2-090-840 ¹⁾	4052899904873	230	9	900	4000	Blanco Frio	55,00
ST8-HB2-090-865 ¹⁾	4052899904880	230	9	900	6500	Luz Día	55,00
ST8-HB4-170-830 ¹⁾	4052899904889	230	18	1700	3000	Blanco Cálido	75,00
ST8-HB4-185-840 ¹⁾	4052899904896	230	18	1850	4000	Blanco Frio	75,00
ST8-HB4-185-865 ¹⁾	4052899905009	230	18	1850	6500	Luz Día	75,00
ST8-HB5-200-830 ¹⁾	4052899904897	230	22	2000	3000	Blanco Cálido	97,00
ST8-HB5-220-840 ¹⁾	4052899904903	230	22	2200	4000	Blanco Frio	97,00
ST8-HB5-220-865 ¹⁾	4052899904910	230	22	2200	6500	Luz Día	97,00

Denominación del producto		R _a	l (mm)	ø (mm)	ø d ₁ (mm)		N ₀
ST8-HB2-080-830 ¹⁾	160°	>80	590	28	27	25	1
ST8-HB2-090-840 ¹⁾	160°	>80	590	28	27	25	1
ST8-HB2-090-865 ¹⁾	160°	>80	590	28	27	25	1
ST8-HB4-170-830 ¹⁾	160°	>80	1200	28	27	25	1
ST8-HB4-185-840 ¹⁾	160°	>80	1200	28	27	25	1
ST8-HB4-185-865 ¹⁾	160°	>80	1200	28	27	25	1
ST8-HB5-200-830 ¹⁾	160°	>80	1500	28	27	25	1
ST8-HB5-220-840 ¹⁾	160°	>80	1500	28	27	25	1
ST8-HB5-220-865 ¹⁾	160°	>80	1500	28	27	25	1

¹⁾ Todos los parámetros técnicos se aplican a la lámpara completa. Dado el complejo proceso de fabricación de los diodos emisores de luz, los valores comunes mostrados para los parámetros técnicos LED, son valores marcos estadísticos que no se corresponden necesariamente con los parámetros técnicos reales de un producto en concreto, cada producto puede variar con respecto a los valores comunes.

Descripción del producto

- Alternativa LED para los tubos fluorescentes convencionales T8 en luminarias con balasto convencional
- Ideal para tareas de iluminación simples
- Vida útil de hasta 40.000 horas
- Iluminación homogénea
- Gran ángulo de radiación de 160°
- Equipo de conexión electrónico integrado con alto factor de potencia
- Lámpara libre de mercurio y cumple RoHS
- Protección: IP20

Ventajas

- Sustitución fácil, rápida y segura, sin recableado
- Bajos costes de mantenimiento
- Ahorro de energía de hasta 65%
- Encendido instantáneo, por lo que le hace perfecto en combinación con sensores
- Mayor resistencia a número de encendidos
- Apto para uso a bajas temperaturas

Ilustración 151: características del tubo led, extraídas del catálogo de Osram

Gastan 6W frente a los 18W de cada tubo fluorescente tradicionales.

La inversión es de 220€, frente a los 32€ que costarían los tubos convencionales, la duración de estos últimos es de 24000h, la mitad aproximadamente que los de led, por lo que habría que sustituirlos y la en 24000h se tendría un gasto de 64€.



Durante las 40000h de duración del tubo led se pueden ahorrar 480KW por tubo, y al intalar 4 en la cámara de maquina se conseguiría un ahorro de 1920KW, lo que supone un ahorro del 68% de la energía de 40000h.

Haciendo este cálculo para un año de navegación, en el que se calcula que el barco estará 2200h navegando, se calcula un ahorro del 66,6% de potencia al año.

4.4.2. Cubierta

En cubierta hay una lámpara común como las del apartado anterior que está encendida durante toda la navegación, con la carcasa tintada de rojo.

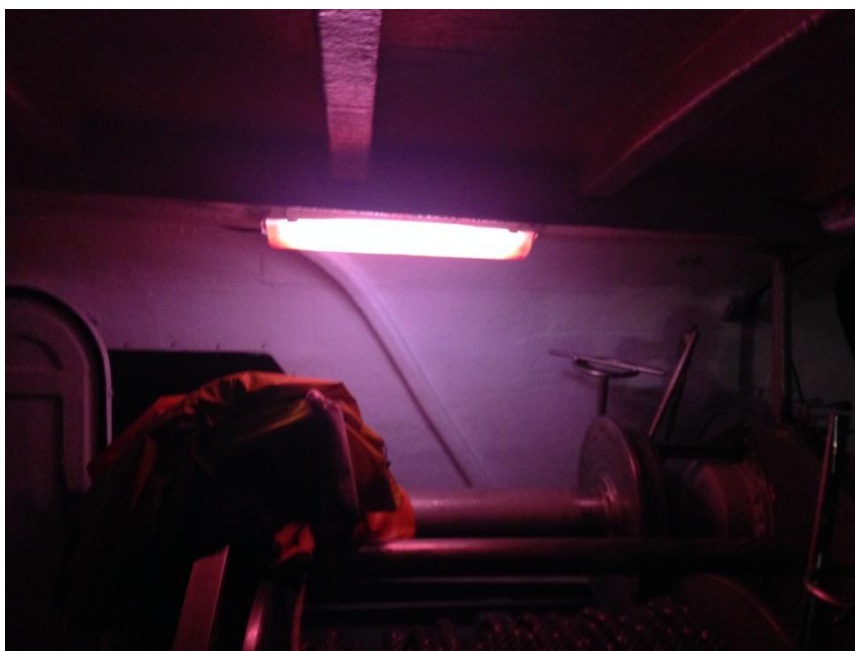


Ilustración 152: luz de cubierta que esta encendida durante toda la navegación

Sustituyendo por leds se disminuiría un 66% al año la energía, traducido en 52,8KW al año.

Durante el lance y la recogida del arte, se tiene dos tubos fluorescentes tradicionales de 36W cada uno, al no estar muchas horas encendido no se aconseja sustituirlo.

Para el alumbrado una vez se está recogiendo el arte y durante los trabajos en cubierta, se encendían 3 focos, con un consumo de 400W como el siguiente:



Ilustración 153: antiguos focos exteriores

Se han instalado dos focos que consumen 30W, con un coste de 100€ por unidad, por lo que la inversión ha sido de 200€.



Ilustración 154: focos led para la iluminación de la cubierta

El ahorro energético es de 370W por foco, por lo que se aconseja cambiar el tercer foco que se utiliza en la cubierta, ya que es un ahorro muy alto. En la salida al mar que se realizó, se midieron los tiempos que están encendidos estos tres focos. En cada marea hay días que se larga la red 2 veces, a una media de 200 mareas al año el tiempo total al año que están encendidos es de 700h.



En un año el ahorro de cada foco es de 259MW, un ahorro de energía del 90% en un año.

4.4.3. Cocina, baños y camarotes.

De los tres locales la cocina es la que más tiempo pasa iluminada, a pesar de ello, no se aconseja hacer una inversión importante en este local.

Las bombillas del baño y la cocina que son bombillas tradicionales, se aconseja cambiarlas por una de las siguientes, teniendo en cuenta que en los camarotes se necesita más luz que en el baño.

HALOGEN ECO PRO CLASSIC A



Denominación del producto	Número del producto	W	V	lm	t(h)		d (mm)	l (mm)	LCL h (mm)		No.	Precio base €
64541 A PRO	4008321998026	20	230	235	2000	E27	55	96	73	20	1	2,45
64542 A PRO	4008321998040	30	230	405	2000	E27	55	96	73	20	1	2,45
64543 A PRO	4008321998064	46	230	700	2000	E27	55	96	73	20	1	2,45
64544 A PRO	4008321998088	57	230	915	2000	E27	55	96	73	20	1	2,45
64547 A PRO	4008321998101	77	230	1320	2000	E27	55	96	73	20	1	2,45
64548 A PRO	4008321998125	116	230	2135	2000	E27	55	96	73	20	1	3,00

La lámpara incandescente permitida con luz halógena agradable y natural. Con forma de bombilla clásica y casquillo fácil de usar. Es la sustitución directa halógena para lámparas incandescentes convencionales, por ejemplo una HALOGEN ECO PRO CLASSIC A de 46 W reemplaza a una lámpara incandescente convencional de 60 W.

Descripción del producto

- 100% regulable
- Excelente reproducción cromática (R_a : 100)
- Vida media: 2.000 h

Ventajas

- Fácil sustitución directa de las lámparas incandescentes convencionales
- Misma calidad de luz agradable que una lámpara incandescente
- Luz instantánea al 100%, no necesita tiempo de calentamiento
- No contiene mercurio, se pueden desechar con la basura doméstica
- Filtro UV

Ilustración 155: bombillas led, catalogo Osram



4.5. Utilización del calor residual del motor

Instalando un intercambiador de calor convencional es posible aprovechar el calor residual de refrigeración del motor para producir agua caliente para consumo y calefacción.

Parte de la energía útil para la propulsión se emite en forma de calor a través de los gases de escape, el agua de refrigeración y mediante radiación y conducción al ambiente. Hay que señalar que este calor no puede aprovecharse en su totalidad debido a diversas consideraciones, entre las que se encuentra que los gases de escape no pueden enfriarse por debajo de la temperatura de condensación del vapor de agua, para evitar la aparición del ácido sulfhídrico, o la dificultad de extraer el calor radiado y emitido por convección.

Incluso considerando estas restricciones, es evidente que existe una importante fuente de calor que, de una forma sencilla, puede aprovecharse a bordo.

Instalando un intercambiador de calor convencional es posible aprovechar el calor residual de refrigeración del motor para producir agua caliente para consumo y calefacción.

En la actualidad la calefacción de los camarotes se consigue con un aparato de aire acondicionado portátil, para el acondicionamiento de este local en invierno se podría instalar un radiador por el cual se haría pasar el agua de la refrigeración del motor.

De la misma forma, el agua caliente para la ducha se consigue mediante un calentador eléctrico, se podría hacer pasar el agua de refrigeración del motor principal por un intercambiador cerrado para calentar el agua de la ducha.

Debido al coste de la instalación, esta idea se deja hacer la instalación en buques de nueva construcción.



4.6. Salida a una marea

El 7/10/2014 se realizó una salida al mar con el barco, donde el alumno pudo ver todas las faenas de pesca que se realizan.

La marea comienza la navegación hasta la zona donde el patrón piensa que va a encontrar pescado. Una vez llegado a la zona, se arria el bote y se hace una navegación a poca velocidad buscando el pescado con los sonares y la sonda, una vez aparece el pescado en el sonar se despierta a la tripulación y comienzan las labores de pesca.

En el sonar los puntos representan el pescado, y según sea el color de los puntos muestra si el banco de peces está más concentrado o menos.

Las imágenes siguientes muestran la pantalla del sonar y de la sonda que se utilizan para encontrar el pescado y saber a qué profundidad está.



Ilustración 156: pantalla del radar



Ilustración 157: pantalla de la sonda

El **largado de la red** se hace sin enchufar ninguna lámpara ni foco, el largado dura unos 4 minutos aproximadamente. Durante el largado se intenta que el pescado se quede en el centro, de esta forma no escapara mientras se rodea.

Cerrado de la red, a través el molinete inferior de la maquinilla se recoge el cabo que cierra la red por la parte inferior, no se enciende ninguna luz durante esta actividad para que no se mueva el banco de peces. La duración es de 9 minutos aproximadamente.

Recogida de la red, esta tarea dura unos 32 minutos aproximadamente, se enciende un tubo fluorescente en popa y otro en proa, a la altura de la maquinilla, para poder faenar con mayor visibilidad. Durante esta faena, una vez se ha enganchado el extremo de la red en proa, se alza el corcho para que no se escape el pescado mientras se recoge.

Copejeo, se tienen encendidas todas las luces de la cubierta, la duración depende del pescado recogido. Se recoge mediante una red que se levanta con la grúa de copejeo, mientras el puntal levanta el corcho de la red.



En la siguiente imagen se está recogiendo la red por popa.



Ilustración 158: recogida de la red por popa, tomada el 7/10/2014.



La ilustración siguiente se muestra como se levanta el corcho mediante el puntal situado en la banda de babor de la embarcación.





4.6.1. Estudio con la cámara termográfica

Durante la navegación se realizaron unas fotografías con una cámara termográfica Flir E60.

Resulta inevitable que, a lo largo de la vida del buque, su planta propulsora se deteriore debido a desgastes de las camisas de los cilindros, calentamientos excesivos de las partes móviles, rozamientos elevados en los apoyos y en las transmisiones, etc.

Todos estos factores suponen, al final, además de un aumento del consumo de combustible a igualdad de potencia entregada a la hélice, un mayor “apesantamiento” de la misma.

Estas circunstancias desfavorables deben tenerse controladas, realizando los trabajos de mantenimiento preventivo recomendados tanto para el motor principal como para los servicios auxiliares.

El uso de termografías permite medir temperaturas exactas a distancia y sin necesidad de contacto físico, lo que permite visualizar puntos fríos o calientes que puedan derivarse de anomalías presentes, por ejemplo, en aislamientos bodegas.

Conociendo el estado del aislamiento térmico de la instalación se pueden determinar los puntos donde existen pérdidas para poder actuar sobre ellas, y así focalizar la mejora de la eficiencia energética de la instalación y por tanto obtener un ahorro económico.

Este trabajo tiene mayor utilidad en barcos de mayor antigüedad pues es previsible que sus bodegas estén en peor estado.

Lo más común es encontrar cierto deterioro en el forro del aislamiento que cubre los mamparos de la bodega, debido posiblemente a golpes causados por la carga almacenada.

Las siguientes medidas preventivas pueden suponer un ahorro en el consumo energético derivado del enfriamiento de las bodegas:

- Mantenimiento y reparación de las paredes de la bodega, en caso de rotura.
- Disponer de un sistema de cerramiento adecuado en la tapa de la bodega.
- Organizar el trabajo de estibaje en la bodega de manera que solamente se abra la tapa en caso de necesidad.

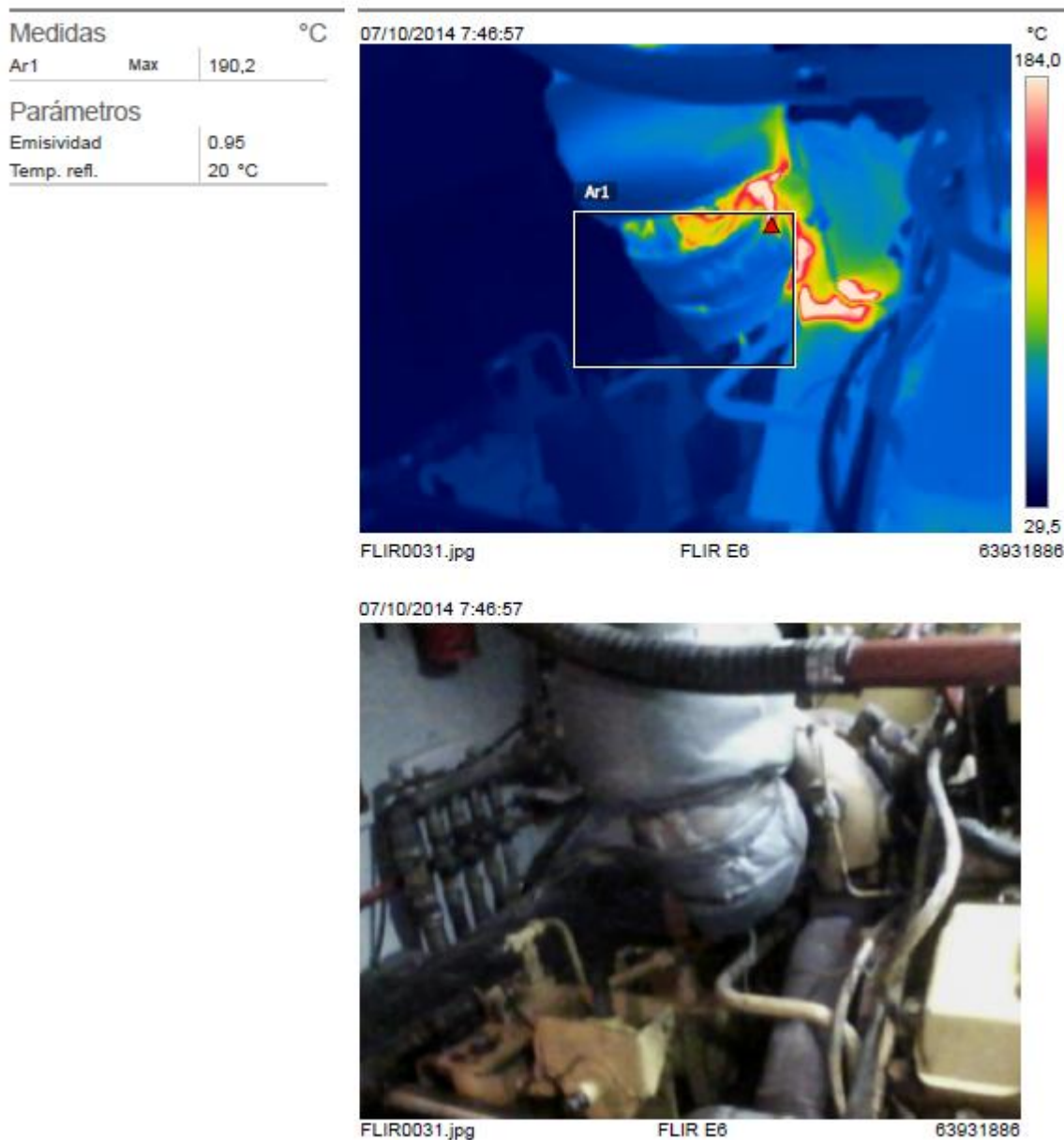


El espectro de aplicaciones de las termografías en el sector es muy grande. Resultan muy interesantes las mediciones termográficas en el campo del mantenimiento preventivo y correctivo de sistemas mecánicos y eléctricos. La realización de termografías permite corregir defectos que se estén produciendo durante el funcionamiento de algunos elementos y actuar mediante acciones preventivas antes de que se manifieste el fallo (con su consecuente ahorro económico).

Se realizaron fotografías al motor y a los cuadros eléctricos, fueron tomadas a un metro del objeto y con una emisividad de 0,95, teniendo en cuenta la inexperiencia del alumno en este apartado tan amplio como es la fotografía termografica.



Fotografías tomadas el 7/10/2014



Se observa un punto máximo de 190°C en el inicio del escape, se aconseja aislar mejor ese punto por seguridad y para evitar que se caliente en exceso la cámara de maquinas.



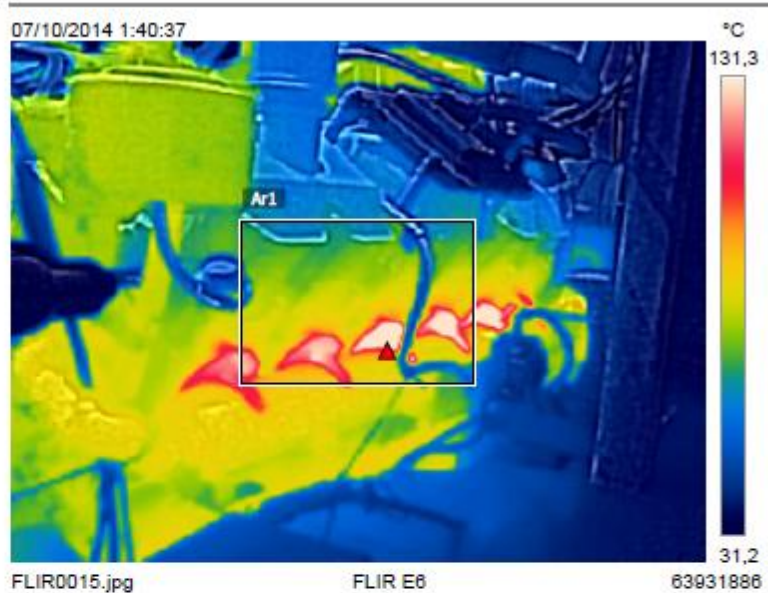
Medidas			°C
Ar1	Max	95,9	
Parámetros			
Emisividad		0.95	
Temp. refl.		20 °C	



No se observan anomalías en la fotografía, con un punto más caliente de 96°C.



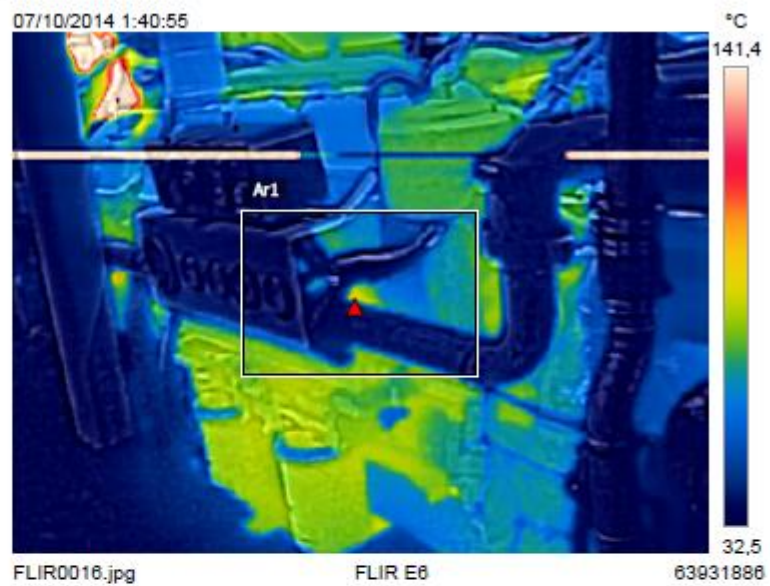
Medidas			°C
Ar1	Max	148,3	
Parámetros			
Emisividad		0.95	
Temp. refl.		20 °C	



En la fotografía se aprecian los seis cilindros del costado de barbor del motor, no presenta anomalías.



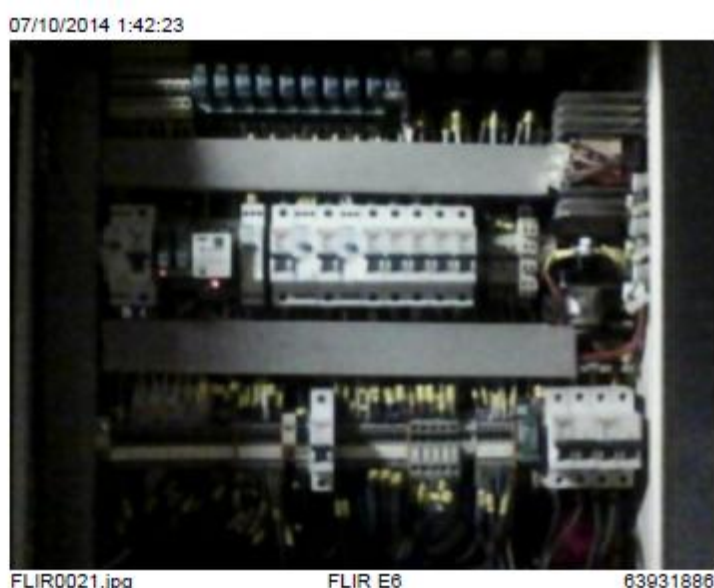
Medidas °C		
Ar1	Max	104,2
Parámetros		
Emisividad	0.95	
Temp. refl.	20 °C	



El motor no presenta ninguna anomalía.



Medidas			°C
Ar1	Max	43,0	
Parámetros			
Emisividad		0.95	
Temp. refl.		20 °C	

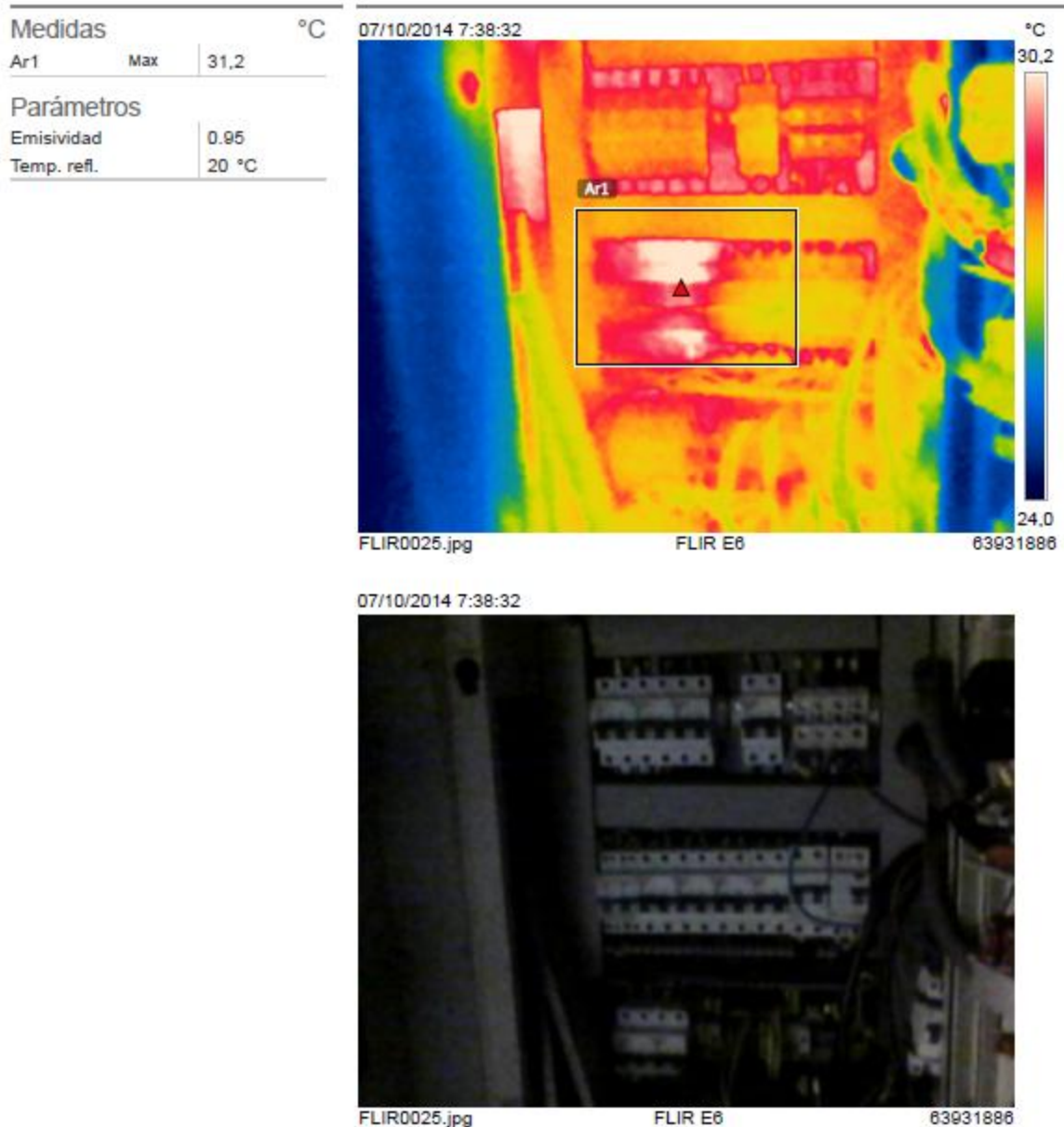


Se ilustra esta fotografía para la posterior lectura de un experto en este tipo de fotografías en cuadros eléctricos, ya que el alumno todavía no ha podido formarse en este tema.

Al aparecer un punto caliente en esa zona, puede que exista una mala conexión.



Este cuadro eléctrico está situado justo debajo de la salida del ventilador de la cámara de máquinas, el chorro de aire desvirtúa todos los datos obtenidos por la cámara, así que no es posible sacar conclusión alguna de esta fotografía.





4.7. Sustitución del timón.

Las formas del timón no las más adecuadas en temas hidrodinámicos, en las siguiente fotografías se puede comprobar que no tiene un perfil hidrodinámico estudiado y que además acaba en una abertura de 90 grados que ofrece mucha resistencia al avance.



Ilustración 159: imagen general del timón



Ilustración 160: detalle del perfil hidrodinámico del timón.

Se aconseja realizar un estudio de un perfil hidrodinámico para disminuir la resistencia al avance que ofrece el timón

Podría suponer un **ahorro de un 0,2%** de combustible en un año.



4.8. Conclusiones

Después de haber estudiado la resistencia del buque, la hélice óptima que se debe montar, el tiempo de varada y el alumbrado, se van a dar las medidas que debe adoptar el armador para conseguir un ahorro energético que se pueda amortizar.

Se deben de realizar las siguientes recomendaciones al armador:

- Es fundamental implicar a la tripulación en el proceso de ahorro energético.
- Instalación del bulbo de proa como se realizó en su momento.
- Realizar un estudio con CFD del asiento óptimo con el que se puede navegar.
- Sustitución de la hélice actual por la que se ha calculado en el apartado 4.1.3.
- Instalación del equipo Sishultra para aumentar el tiempo entre varadas.
- Suspender el barco cada año para la limpieza de la hélice, limpiar la hélice sin varar el barco.
- Sustitución del alumbrado tradicional por alumbrado LED de última generación.
- Gestionar adecuadamente la velocidad del buque es de máxima importancia para disminuir el consumo. Debe seleccionarse según las necesidades reales de operación valoradas desde un punto de vista objetivo.
- Debe realizarse un correcto mantenimiento de los motores del buque y principalmente del motor propulsor.
- En los puertos que sea posible, enchufar a tierra el cable de electricidad para evitar generar a bordo la energía.
- En un buque futuro, estudiar la instalación de motores duales, propulsión diesel-eléctrica y el aprovechamiento del calor residual.



4.8.1. Cuadro resumen de las medidas de ahorro.

	PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	AHORRO COMBUSTIBLE ESTIMADO
INSTALACIÓN DEL BULBO	Construcción de un bulbo de proa	2%
EQUIPO SISHULTA	Instalación del equipo Shisultra	5% 2600€ / 3 años
CAMBIO DE HÉLICE	Sustituir la hélice actual por la estudiada.	4%
LIMPIEZA DE LA HÉLICE	Limpieza anual de la hélice	1%
ALUMBRADO	Sustitución del alumbrado tradicional por alumbrado LED	No cuantificado en combustible
CAMBIO DE TIMÓN	Sustitución del timón actual por uno con un perfil estudiado y de mayor longitud.	0,2 %
FOTOGRAFÍAS TÉRMICAS	Estudio predictivo mediante cámara fotográfica	No cuantificable
OVER HALL	Desmontaje completo del motor para comprobar su estado	1%



5. Bibliografía

Ahorro y eficiencia energética en buques de pesca, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Ahorro y eficiencia energética en buques de pesca. Experiencias y prácticas, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Auditoría energética de arrastreros del Mediterráneo, Confederación Española de Pesca.

Auditoría energética de palangreros de superficie, Confederación Española de Pesca.

Resumen sobre el desarrollo de la medida del plan de acción 2008-2012 “mejora del ahorro y la eficiencia energética en el sector pesquero”

Gestión eficaz de aceites lubricantes y fluidos hidráulicos, Gobierno Vasco, departamento de ordenación del territorio y medio ambiente.

Estadísticas pesqueras, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

resumen sobre el desarrollo de la medida del plan de acción 2008-2012 “mejora del ahorro y la eficiencia energética en el sector pesquero”, Área de Energía del Centro Tecnológico de la Pesca (CETPEC)

Apuntes asignatura HIDRODINÁMICA, RESISTENCIA Y PROPULSIÓN, 4º curso de Grado en arquitectura naval, UPCT.

Apuntes asignatura MÁQUINAS MARINAS, 2º curso de Grado en arquitectura naval, UPCT.



http://www.technologyreview.es/read_article.aspx?id=43978

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_energy_consumption.svg

<http://www.reintjes-gears.de/index.php/en/products/powertrain-marine/applications-for-work-boats>

[//marine.cat.com/propulsion/legacy](http://marine.cat.com/propulsion/legacy)

<http://ingenierosnavales.net/DOCUMENTACIONFOROS/7.3.%20CURVA%20DE%20LA%20HELICE.pdf>



Plan de eficiencia energética del pesquero “Nuevo Pedro y Loli”

